

Europejska konferencja prac pod napięciem ICOLIM w Polsce

Prezentujemy niniejszym znaczne fragmenty rozmowy, jaką na temat konferencji ICOLIM 2008 przeprowadzili: profesor **Jerzy Barglik** (JB) – Prezes SEP, **Tomasz E. Kołakowski** (TK) – Redaktor Naczelny *Energetyki*, Członek Honorowy SEP, **Krzysztof Lipko** (KL) – Przewodniczący Centralnego Kolegium Sekcji Energetyki SEP oraz **Bogumił Dudek** (BD) – Przewodniczący Polskiego Komitetu Bezpieczeństwa w Elektryce SEP.

TK: Na łamach *Energetyki* już od początku 60-letniego istnienia czasopisma ukazują się artykuły o możliwościach i praktycznych aspektach nowoczesnych technologii eksploatacji, w tym techniki prac pod napięciem. Pierwsze publikacje pojawiły się na początku lat pięćdziesiątych. W 1983 roku zamieściliśmy jeden z obszerniejszych artykułów przeglądowych na temat tej techniki. Natomiast w latach 2005–2007 opublikowaliśmy we współpracy z firmą *ZIAD Bielsko-Biała* unikatowy cykl 20 artykułów związanych z techniką prac pod napięciem w sieci dystrybucyjnej. Pisaliśmy także o pierwszych pracach pod napięciem na linii 750 kV, jako że było pod to koniec lat osiemdziesiątych spore osiągnięcie polskich energetyków. Obecnie rozpoczęliśmy popularyzować zastosowania robotyki i sztucznej inteligencji dla potrzeb energetyki. Właśnie w obszarze zastosowań robotów dla obsługi sieci elektroenergetycznej wielkie osiągnięcia odnotowywane są w technice prac pod napięciem. A jak Panowie oceniają znaczenie faktu powierzenia Polsce organizacji konferencji ICOLIM 2008?

JB: Może też zacząć od historii. SEP od początku swej działalności publicznej, a więc już 90 lat, popiera wprowadzanie do polskiej elektrotechniki i elektroenergetyki energetyki nowoczesnych technologii, stąd zaangażowanie w proces przygotowania europejskiej konferencji ICOLIM. I to wsparcie merytoryczne, gdyż działalność w strukturach SEP jego sekcji i komitetów specjalistycznych pozwala od wielu lat monitorować zagadnienia

z zakresu zastosowania nowych technik. Zarówno kierunkowe rozwiązania wskazywane przez sekcje specjalistyczne SEP, jak i działalność Polskiego Komitetu Bezpieczeństwa w Elektryce, który powstał z wcześniej działających Polskiego Komitetu Ochrony przed Zagrożeniami Elektrycznymi i Komitetu Prac pod Napięciem. Bo trzeba zaznaczyć, że technika prac pod napięciem jest techniką przyjazną zarówno dla pracowników energetyki jak i odbiorców energii elektrycznej. Piszemy o tym od lat na łamach czasopism wydawanych przez SEP, a szczególnie intensywnie w ostatnich latach na łamach *Energetyki* i *Spektrum*. Polskie osiągnięcia promujemy także na forum międzynarodowym. Niedawno podczas konferencji polsko – litewskiej w Wilnie tematyka prac pod napięciem została przyjęta bardzo dobrze wywołując niezwykle ciekawą dyskusję i zainteresowanie elektryków litewskich; przygotowywana jest także prezentacja tej techniki na najbliższym, majowym, 24. Międzynarodowym Kongresie *Elektryczność we współczesnym świecie*, który odbędzie się w Krakowie.

KL: Nie wchodząc w historię działań Sekcji Energetyki SEP promujących nowoczesne rozwiązania i techniki prac utrzymaniowych w sieciach elektrycznych stwierdzić można, że problematyka poruszana na konferencjach ICOLIM jest jak najbardziej bliska współczesnym problemom liberalizacji rynków na poziomie praktycznych wdrożeń. To przecież dzięki odważnej działalności na rzecz bezwzględnie techniki utrzymania sieci dystrybucyjnej i przesyłowej klienci energetyki mogą liczyć na ciągłą poprawę ich obsługi poprzez skracanie czasów wyłączeń urządzeń elektroenergetycznych do napraw i przeglądów. Stwarza to również możliwość rozbudowy sieci i podłączania nowych odbiorów bez zakłócania pracy innym. Nie są to oczywiście jedyne zalety. Nowe technologie, w tym i technika prac pod napięciem, ułatwia firmom energetycznym planowanie prac remontowych i utrzymaniowych. Można także zwrócić uwagę, że wiele prac montażowo-inwestycyjnych może ulec skróceniu dzięki wdrożeniu techniki PPN. Tak więc wracając do odpowiedzi na postawione pytanie jestem przekonany, że kolejny ICOLIM w Polsce to wyraz uznania dla pracy wielu polskich energetyków usiłujących od lat wdrożyć technikę prac pod napięciem. Niestety ze zmiennym powodzeniem.

BD: Aktywna postawa Węgrów w końcu lat 80. i na początku lat 90. w dziedzinie techniki prac pod napięciem, którzy rozwijali ją na wszystkich poziomach napięcia, zaowocowała koncepcją i organizacją pierwszej w Europie międzynarodowej konferencji prac pod napięciem ICOLIM. Przypomnijmy, że budowa polskiej linii 750 kV wykorzystywała doświadczenia węgierskie, którzy nieco wcześniej wybudowali swój odcinek. Właśnie we współpracy z Węgrami rozpoczęto rozpowszechnianie techniki prac pod napięciem w sieci przesyłowej, kontynuowane nieco później we współpracy z elektrykami niemieckimi.



Uczestnicy rozmowy
od lewej: Tomasz E. Kołakowski, Jerzy Barglik,
Bogumił Dudek

Znaczący własny dorobek mają polscy energetycy we wprowadzaniu techniki PPN w sieci dystrybucyjnej, aczkolwiek i tutaj odnotować należy współpracę, zwłaszcza z energetyką francuską. Bogate doświadczenie w tej technice partnerów europejskich jest prezentowane co dwa lata na konferencjach ICOLIM, które do tej pory odbyły się kolejno: na Węgrzech w 1992 r., a następnie we Francji, Włoszech, Portugalii, Hiszpanii, Niemczech, Rumunii i Czechach. W Pradze w 2006 roku została powierzona Polsce organizacja kolejnej tej prestiżowej konferencji.

KL: W wypowiedziach Kolegów dominuje i podkreślana jest rola współpracy międzynarodowej. Technika prac pod napięciem jest rzeczywiście bardzo przydatna do tego, aby tranzyt energii, wymiana energii na połączeniach transgranicznych była utrzymana bez zakłóceń. A więc to bardzo dobra wiadomość, że linie łączące różne systemy są (lub mogą być) obsługiwane przez obie strony w podobnych reżimach pracy. Trzeba także wziąć pod uwagę pozytywne aspekty współpracy międzynarodowej dotyczące transferu sprzętu i narzędzi, które ze względu na swoją specyfikę są produkowane przez nieliczne firmy na świecie. To uzasadnia pojawianie się na konferencjach ICOLIM reprezentantów energetyk z różnych kontynentów. Tak będzie z pewnością i tym razem.

JB: O tym, jak interesujące są tego rodzaju konferencje świadczy cykl artykułów zamieszczanych w czasopiśmie SEP *Spektrum* począwszy od numeru styczniowego 2007.

BD: ICOLIM to wydarzenie jedyne w swoim rodzaju, gdyż w krótkim, przeważnie trzydniowym spotkaniu, można wysłuchać kilkudziesięciu ciekawych referatów energetyków, z różnych kręgów zainteresowań, w tym z energetyki przemysłowej. Można uczestniczyć w pokazach prac pod napięciem na urządzeniach przesyłowych i dystrybucyjnych, wreszcie można zobaczyć wyposażenie, narzędzia i sprzęt stosowane w tej technice, a prezentowane przez wystawców zagranicznych i krajowych. Wśród uczestników znajdują się wybitni przedstawiciele tej dziedziny prezentujący między innymi dorobek instytucji międzynarodowych:



Uczestnikiem rozmowy był także Krzysztof Lipko

w zakresie normalizacji – IEC Komitet Techniczny 78, w zakresie bezpieczeństwa pracy – ISSA Międzynarodowe Zrzeszenie Zabezpieczeń Socjalnych, prezentujące m.in. prace nad zunifikowanymi kryteriami doboru personelu do prac elektrycznych. A więc ICOLIM to szansa na nawiązanie nowych kontaktów i uzyskanie wiedzy specjalistycznej z tzw. pierwszej ręki.

TK: Zapewne wart odnotowania jest fakt, że organizacja ICOLIM w Polsce wiąże się z 75-leciem zastosowania tej techniki w praktyce eksploatacyjnej. To przy okazji wyjaśnia, dlaczego konferencja odbywa się właśnie w Toruniu. To właśnie na terenie sieci elektrowni pomorskiej *Gródek* już w latach trzydziestych ubiegłego wieku, wykonywano prace z użyciem drążków izolacyjnych, co prawda nie takich jak stosuje się obecnie, ale było to odważne wskazanie nowych możliwości rozwijanych zresztą po dzień dzisiejszy. Warto zwrócić uwagę, że także w tej technice przeplata się historia z teraźniejszością. W ubiegłym roku pierwszy polski srebrny kombinezon do prac pod napięciem trafił do Muzeum Energetyki w Łaziskach Górnych. Można nie tylko go obejrzeć, ale na specjalnym stanowisku zobaczyć podczas testowania odpowiadającego warunkom jego stosowania na sieci przesyłowej.

JB: Oficjalnym organizatorem polskiej konferencji ICOLIM jest Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej z Poznania, wspierane przez Koncern Energetyczny *ENERGA*. Nie sposób jednak pominąć roli SEP pełniącego nie tylko funkcję patrona merytorycznego, ale i poprzez udział w pracach Komitetu Organizacyjnego przedstawicieli SEP, w osobach Kolegów Bogumiła Dudka, Tomasza Kołakowskiego i Krzysztofa Lipki wspierającego i popierającego proces organizacji konferencji. Poprzez swoje czasopisma i strony internetowe zachęcamy swoich członków do licznego udziału w tej zapowiadającej się interesująco konferencji. Obecny numer *Energetyki* jest także przykładem zaangażowania naszego Stowarzyszenia.

BD: Przy okazji takich wydarzeń, jak międzynarodowa konferencja ICOLIM zapewne warto odnotować, co chcą podczas niej pokazać polscy energetycy? Zapewne zechcą wykazać, że mamy bogatą tradycję w obcowaniu z tą techniką. Od połowy lat siedemdziesiątych jest to technika regularnie rozwijana, choć jak wszystko co nowe, w różnym tempie i zakresie. Najszerzej rozwinięto prace pod napięciem w sieci dystrybucyjnej, zwłaszcza niskiego napięcia. Na innych poziomach napięcia jest zdecydowanie więcej do zrobienia. Tylko w kilku przypadkach, z reguły dzięki bezpośredniemu zaangażowaniu kierownictwa, możemy mówić o prowadzeniu prac pod napięciem w sieci średniego napięcia. Prace pod napięciem w sieci przesyłowej ruszyły szerokim frontem dopiero na początku lat dziewięćdziesiątych, ale z około dziesięciu brygad, dziś zdolności wykonawcze posiadają tylko dwie. Na tym tle imponujący dorobek mogą tylko wykazać energetycy toruńscy, którzy praktykują od wielu lat na wszystkich poziomach napięcia. Dlatego też u nich odbędzie się konferencja. Byli oni także udanym organizatorem krajowej konferencji PPN w 2001 roku.

JB: Na tle rozmowy o konferencji międzynarodowej warto zauważyć, że bogatą tradycję mają także konferencje krajowe prac pod napięciem. Pierwszą z nich zorganizowano już w 1988 roku w Bielsku Białej, a ostatnio – już dziewiątą – w 2007 r. w Gdańsku. Wszystkie te konferencje odbywały się z udziałem SEP (i jego Komitetu), a także z reguły angażowały miejscowe oddziały SEP. Z okazji 30-lecia regularnego rozwoju techniki PPN w 2005 roku SEP poprzez PKBwE spowodował, że uhonorowanych zostało ponad sto osób specjalną okolicznościową statuetką „w uznaniu zasług dla rozwoju prac pod napięciem w Polsce”. Działalność SEP w tej dziedzinie jest szeroka, a dzięki udziałowi przedstawicieli SEP we współorganizacji targów i imprez wystawienniczych mogą oni wpływać na promocję nowoczesnej techniki. Polscy producenci różnego rodzaju sprzętu do prac pod napięciem i do bezpiecznej pracy są regularnie od wielu lat nagradzani. Dotyczy to także firm wykonawczych z energetyki zawodowej, przemysłowej i zaplecza technicznego. Wielu wybitnych naszych Kolegów i Koleżanek za działalność na tym polu otrzymało wyróżnienia organizacyjne.

KL: Chcę zwrócić uwagę na jeszcze jeden aspekt stosowania technologii prac pod napięciem. Idzie mi mianowicie o wpływ zakresu jej stosowania na bezpieczeństwo energetyczne kraju. Ograniczenie czasu wyłączenia linii i stacji do rzeczywiście niezbędnego minimum może w najbliższej przyszłości poprawić wskaźniki wykorzystania sieci do przesyłu energii i w efekcie znakomicie ułatwić prowadzenie inwestycji i koniecznych modernizacji sieci. Dodatkowym silnym impulsem do rozszerzania zastosowania tej techniki powinien być jej bezwypadkowy charakter.

BD: Rzeczywiście statystyki wypadkowości podczas realizacji prac techniką PPN są bardzo korzystne. Właśnie tej tematyce poświęciła kilkanaście lat pracy Grupa DIS.LIVE UNIPED, która zresztą jeden raz w historii spotkała się w 1993 roku w Polsce. Otóż z prac tej Grupy, w której nota bene uczestniczyłem, wynika, że wprawdzie nie jest to technika absolutnie bezwypadkowa na świecie, to jednak wypadki są sporadyczne i raczej mają miejsce w krajach, w których przystępując do prac nie dostrzega się rozległości problematyki i konieczności bezwzględного przestrzegania ustanowionych reguł. Rozległość problematyki z uwagi na różnorodność zastosowań tej techniki jest ogromna. Warto wspomnieć, że obecnie opracowane i zatwierdzone do stosowania normy i poradniki techniczne liczą kilka tysięcy stron. Zatem niejako przy okazji poruszonego problemu bezpieczeństwa kilka słów o zakresie zastosowań techniki PPN w Polsce. Na wstępie jednak konstatacja – 32 lata dotychczasowych zastosowań techniki prac pod napięciem odbyło się w polskiej energetyce bezwypadkowo!!! Zakres stosowanej techniki PPN niestety nie jest już tak imponujący. Z reguły są to prace na liniach napowietrznych wykonanych przewodami gołymi lub izolowanymi. Na stacjach prace z reguły ograniczają się do czyszczenia i konserwacji urządzeń, ale stopniowo ich przybywa, a zakres się rozszerza. Wcześniej niż energetyka zawodowa stosowano w Polsce naprawy sieci trakcyjnej prądu stałego kolei żelaznych,

dziś wraca zainteresowanie tą techniką. W Polsce sporadyczne (na świecie bardzo częste) jest zastosowanie tej techniki w zakładach przemysłowych, np. hutnictwie. Odnotowano także przymiarki do wprowadzenia tej techniki w górnictwie. Jest w dziedzinie zastosowań przemysłowych wiele do zrobienia.

JB: Dziedzina normalizacji jest bardzo istotna w działalności SEP, który także przygotowuje uznane na rynku energetycznym normy. Sięgając raz jeszcze do historii można stwierdzić, że już od początku stowarzyszania się elektryków zajmowano się przygotowaniem przepisów i norm. Obecnie, kiedy normy nie mają charakteru obligatoryjnego w tak specjalistycznej dziedzinie jak nowoczesne technologie eksploatacji, posiadającej swoje Komitety w IEC i CENELEC, rolę podstawową odgrywa Polski Komitet Normalizacji, w jego ramach funkcjonuje Komitet Techniczny 72 zajmujący się elektroenergetycznym sprzętem ochronnym i do prac pod napięciem. Warto korzystać z dorobku normalizacyjnego mimo dobrowolności stosowania większości norm od 1993 roku, gdyż tylko działania w podobnych warunkach dają pełnię porównań i możliwość korzystania z dorobku innych.

TK: Nie wspominamy dotąd o kosztach wprowadzenia i utrzymania tej techniki w praktyce dnia codziennego. Z publikacji zamieszczanych na łamach *Energetyki* wynika, że jest to znaczący problem. Siłą napędową tej techniki jest koszt energii zapotrzebowanej, a nie dostarczonej. Jednak, gdy nie płaci się dotkliwych odszkodowań, to wykazanie korzyści jest trudniejsze. Autor jednego z artykułów wykazał wyjątkową opłacalność prac w sieci przesyłowej, dzięki którym uzyskuje się także korzyści środowiskowe z niespalania paliw na pokrycie strat generowanych wyłączeniami sieci przesyłowej, czyli ograniczenie emisji CO₂ czy przeciążenia sieci 110 kV. Z przedstawianych tutaj cech techniki PPN wynikają również niebagatelne korzyści finansowe z jej bezwypadkowego charakteru.

BD: Rozwój i coraz bardziej powszechne zastosowanie materiałów używanych w technice PPN, np. żywic epoksydowych, poliuretanu, elastomerów powoduje, że sprzęt jest bardziej dostępny również cenowo. Przecież do prac z wyłączeniem także konieczne jest stosowanie sprzętu i narzędzi. Sumarycznie sprzęt do PPN jest droższy o kilkadziesiąt procent i kosztowniejszy jest proces szkoleniowy. Jednak firmom to się opłaca, klientom również. Nie zapominajmy, że ponosimy mniejsze społeczne obciążenia z tytułu wypadków przy pracy, poprawia się wizerunek pracy w energetyce. Ostatecznie chcemy mieć komfort z dostarczanej nam energii przez całą dobę i wszystkie dni w roku.

JB: Wspomniano o kosztach szkoleń. Podkreślmy rolę, jaką SEP odgrywał i nadal odgrywa w tej dziedzinie. Wiele kursów, właśnie prac pod napięciem, egzaminów kwalifikacyjnych odbywało się z zaangażowaniem kadry skupianej w szeregach naszej organizacji. Także i ta działalność wpisuje się w pozytywne doświadczenia życia SEP-owców. W sumie techniką PPN z udziałem

SEP możemy się pochwalić w tym rozpoczętym roku Jubileuszu 90-lecia istnienia Stowarzyszenia.

TK: Można odnieść wrażenie, że technika PPN jest wszechobecna, jednak trud jej propagowania nie zastąpi pragmatyki dnia codziennego. Zastanawiające jest, dlaczego mając 75 lat doświadczeń wiedza ta w programach szkoleniowych, w programach nauczania wyższych uczelni jest traktowana marginalnie. Także nie w pełni doceniana jest przez przedsiębiorstwa energetyczne.

KL: Przeświadczony jestem, że ten stan rzeczy będzie ulegał szybkim zmianom. Pojawiająca się konkurencja, uwolniony rynek energii, cechy nowoczesnych przedsiębiorstw, obowiązki operatorów sieciowych powinny temu sprzyjać. Nie zmienia to oczywiście faktu, że konieczne jest także publiczne popierania tego rodzaju działalności.

JB: To prawda, że problematyka PPN nie ma szczególnego miejsca w szkolnictwie wyższym. Gości jako tematyka uzupełniająca na różnego typu Studiach Podyplomowych, w tym prowadzo-

nym przeze mnie Polsko-Amerykańskim Studium realizowanym przez Politechnikę Śląską i jedną z amerykańskich uczelni. Być może trzeba rzeczywiście rozszerzyć dostęp do tej wiedzy, organizować wyjazdy specjalistyczne do krajów, w których poziom tej techniki jest wyższy, a zastosowania szersze. Potrzebna jest jednak w tej dziedzinie współpraca z przemysłem, operatorami sieci. Powinniśmy także dzielić się wiedzą z sąsiednimi energetykami, że to jest możliwe i pożyteczne dowiodło naprawdę udane międzynarodowe Seminarium na Litwie. To są także mosty łączące nasze kraje. Cennym spostrzeżeniem z naszej debaty jest uwzględnianie problematyki bezpieczeństwa pracy w nowoczesnych technikach – są to naczynia połączone.

TK: Szanowni Koledzy, jestem przekonany, że w tej rozmowie poruszyliśmy wiele istotnych spraw. Nie mamy także wątpliwości, że organizowana Konferencja ICOLIM będzie służyć dalszej wymianie myśli, doświadczeń, pozwoli dotrzeć do wiedzy innych specjalistów. Łamy czasopism SEP mogą być szeroko otwarte dla dalszych publikacji przybliżających nowoczesne techniki utrzymaniowe zarówno praktykom, jak i teoretykom. Dziękuję bardzo za rozmowę.

European Conference on Live Maintenance ICOLIM in Poland

Hereby we present considerable fragments of the debate on ICOLIM 2008 conference between professor **Jerzy Barglik** (JB) – President of SEP, **Tomasz E. Kołakowski** (TK) – Editor-in-Chief of *Energetyka* monthly, Honorary Member of SEP, **Krzysztof Lipko** (KL) – Chairman of the Main Council of SEP Power Section and **Bogumił Dudek** (BD) – Chairman of Polish Committee for Security in Electrical Engineering SEP.

TK: In our *Energetyka* monthly articles about possibilities and practical aspects of modern operating technologies, including



Participants of the debate
from left: Tomasz E. Kołakowski, Jerzy Barglik,
Bogumił Dudek

the ones concerning live working technology, have been printed for the last 60 years i.e. as long as the magazine exists. First publications appeared in the beginning of the 1950s. In 1983 one of the largest review articles relating to this technology was released. Then in the years 2005–2007 we published in cooperation with ZIAD Bielsko-Biała company the unique series of 20 articles relevant to live working on distribution lines. We also presented articles about the first live line works on a 750 kV overhead line – at that time it was a real achievement for Polish power engineers. Nowadays we have started popularization of applying robotics and artificial intelligence for the power industry needs. And especially in the field of employing robots for power network maintenance big successes are achieved in the live working technology. But, gentlemen, what is your opinion on the fact that Poland is the country assigned to organize the 2008 ICOLIM conference?

JB: I will start with the history, too. SEP, from the beginning of its public activity i.e. for the last 90 years, have supported implementation of modern technologies to Polish electric and power engineering and this fact explains the devotion of the Association to the process of preparations for the ICOLIM European conference. The support is really substantial as the activities of SEP Sections and special Committees have allowed for many years to monitor problems concerning application of new

technologies both in directional solutions pointed out by specialistic Sections of SEP and by activity of Polish Committee for Security in Electrical Engineering which had originated from the formerly existing Polish Committee for Protection against Electrical Dangers and Committee for Live Working. I would also like to bring into relief the fact that live working technology is a friendly one for both energy sector workers and energy consumers. We have been writing about it for years in magazines edited by SEP and in particular very intensively lately in *Energetyka* and *Spektrum*. Polish achievements are also promoted in the international forum. Not long ago, during Polish-Lithuanian conference in Vilnius, the subject-matter of live working was met with a very good reception provoking most interesting discussion and arousing interest of Lithuanian electricians. Preparations are also made to present the technology during the nearest 24th International Congress *Electricity in the Contemporary World* which will be held in Cracow.

KL: Not going into details of the history of SEP Power Engineering Section promoting modern solutions and technologies of maintenance work in electric power networks we can state that the problems discussed on ICOLIM conferences are very close to present-day problems with market liberalization on the level of practical implementation. After all, thanks to daring activity on behalf of live working maintenance technologies used on distribution and transmission networks, energy consumers can expect regular improvement of service through reduction of power equipment outage time destined for repairs and revisions. It also creates possibility of network development and connecting new consumers to it with no problems for the others. These are, of course, not the only advantages. New technologies, including the live working one, make it easier for power firms to plan repair and maintenance works. Also please note that many assembly and investment works can take less time after implementation of live working technologies. So, coming back to the answer for the question put by Mr Kofakowski I am pretty sure that ICOLIM conference in Poland is an appreciation of efforts of many Polish power engineers trying to implement the live working technology for many years. Alas, with varying success.



One of the participants of the debate was Mr Krzysztof Lipko

BD: The Hungarians' active attitude to live working technology that they were developing on all voltage levels with the end of 1980s and the beginning of 1990s resulted in conception and organization of the first in Europe ICOLIM conference. I would like to remind you that erection of Polish 750 kV overhead line was based on Hungarian experience – the Hungarians had built their line section a little earlier than we did. And it was in cooperation with the Hungarians that we started to introduce live working technology on transmission lines – the cooperation was later continued with German electricians. Polish power engineers achieved significant successes in implementing live working on distribution lines, too, though there were also elements of cooperation especially with French power industry. Rich experience gained during making use of this technology by European partners is presented every second years on ICOLIM conferences which were held successively in Hungary (1992) and then in France, Italy, Portugal, Spain, Germany, Romania and the Czech Republic (in Prague) where in 2006 Poland was assigned to organize the next prestigious conference.

KL: In the opinions of my colleagues strongly accented is the role of international cooperation. Live working technology is very helpful if we want to keep the energy transit – i.e. exchange of energy through transboundary interconnections – with no disturbances. So this is a good news that lines linking different systems are (or can be) operated by both sides in similar ways. We must also take into account positive aspects of international cooperation concerning transferring of equipment and tools which, regarding their specific character, are delivered by very few producers in the world. This fact justifies the presence of power sector representatives from many continents on every ICOLIM conference. I am sure, this time the situation will be exactly the same.

JB: The fact how interesting these conferences are, can be testified by a series of articles which have been published in SEP magazine *Spektrum* (Spectrum) since January 2007.

BD: ICOLIM is a very unique event as during a very short – usually three days – meeting we can hear several dozen interesting lectures prepared by power engineers working in various industry sectors e.g. railroad companies. We can also take part in presentations of live working on transmission and distribution installations as well as we can see specialistic tools and equipment used for this technology and displayed by domestic and foreign exhibitors.

Among participants there are many eminent representatives of this technology presenting also achievements of some other international institutions e.g. IEC Technical Committee 78 in the field of standardization or ISSA in the field of occupational safety and health, showing their elaborations concerning for instance standardized criteria of selecting personnel for electrical works. So ICOLIM creates possibility to make new contacts and get specialistic informations at first hand.

TK: It is undoubtedly worth noting that the organization of ICOLIM conference in Poland coincides with the 75th anniversary of using live working technology in operational practice. This also explains why the conference is held in Toruń. It was just in the area of Gródek (Pomeranian power station in the northern part of Poland) network where already in the third decade of the last century certain works were carried out with the help of insulating sticks. Of course, there were not the sticks as we know them today, but still it was a brave indication of new possibilities which have been developed all the time long until now. Please also note that in this technology history interweaves with the present. Last year the first Polish silver protection suit used for live working found its way to the Museum of Power Engineering in Łaziska Górne. It cannot only be seen but also on a special stand we can observe tests corresponding with real live working conditions on a transmission line.

JB: The official organizer of ICOLIM Polish conference is the Polish Association for the Transmission and Distribution of Electrical Energy in Poznań supported by Power Company *ENERGA*. We cannot leave out of account the role of SEP, either. The Association is not only the substantive patron but also supports and gives assistance to the process of organizing the conference thanks to participation of its representatives Mr Mr Bogumiń Dudek, Tomasz E. Kołakowski and Krzysztof Lipko in the Organizational Committee activities. Through our magazines and web-sites we encourage our members to take part in this conference which promises to be a success. The present issue of *Energetyka* is also an example of our Association commitment in organization of this event.

BD: On the occasion of such events like ICOLIM international conference it is worth while to give a thought to a question what exactly Polish power engineers want to show there. I am almost sure they will want to prove their rich tradition in making use of live working technology. Since the second half of 1970s the technology has been regularly developed though with varying rate and range. The most developed is live working on LV distribution lines while on other voltage levels there is still much to do. Only in few cases, mostly thanks to management commitment, we can say about realizing live-line works on MV lines. Live working on transmission lines started to be widely used only with the beginning of 1990s but today only two gangs, of the previous ten, have abilities to perform that kind of works. So, in the present situation we can say that the only impressive successes are those achieved by Toruń power engineers who have been practising for many years on all voltage levels. And that is why the conference will be held in this town not saying about the fact that the people involved were already organizers of a very successful domestic live working conference in 2001.

JB: Keeping still in view the staple of this debate concerning international conference it is worth saying, I think, that domestic conferences on live working have also a very rich tradition.

The first one was organized in 1988 in Bielsko-Biała, the ninth one in 2007 in Gdańsk. All these conferences were organized with participation of SEP (and its Committee) – also local SEP branches were involved in preliminary arrangements. In 2005 on the occasion of the 30th anniversary of live working technology systematic development, SEP with the help of Polish Committee for Security in Electrical Engineering induced paying honour to more than 100 persons with a special statuette „*In acknowledgment of merits in the field of live working technology development in Poland*”. SEP is really very active in this field and thanks to SEP representatives taking part in organization of various fairs and exhibitions the Association can influence promotion of this modern technology. Polish producers of equipment for the needs of live working technology have been systematically awarded prizes for many years. It concerns also contractors working for industrial power engineering and technical bases. Many of our eminent colleagues there were also honoured in this field.

KL: I would like to call your attention to one more aspect of using live working technology. The range of its application has considerable influence on our country power security. Shortening the energy cutout time on transmission and distribution lines and stations to the necessary minimum can improve line availability factors in future and finally substantially facilitate carrying on of investments and indispensable line modernizations. Additional strong incentive to broaden the technology application is its non-accidental character.

BD: Indeed, statistics say that using live working technology is very safe. And the problem of safety is exactly the main problem which has been investigated for the last several years by DIS.LIVE UNIPED Group which, by the way, had once in its history a meeting in Poland in 1993. Results of investigations, in which I also took an active part, carried out by the Group show that this technology used throughout the world is not absolutely non-accidental but accidents occur very rarely and happen rather in countries where the problems connected with application of this method are not properly perceived not saying about necessity to utterly obey the established rules. Scope of problems concerning live working technology is really vast because variety of the technology applications is also very big. It is worth noticing that the already elaborated and approved standards and technical reference books are numbered by many thousand pages.

But as we are touching now the problems of safety, let me say a few words about the range of live working technology application in Poland. And one thing must be ascertained in the first place – there has not been a single accident in Polish power engineering from the moment we started to use this technology i.e. for the last 32 years!!!

Alas, the range of live working technology application is not so impressive. These are as a rule the works on overhead bare or insulated cable lines. In substations the technology is mostly used for cleaning and maintenance of installations but here the range of application is widening step by step. Prior to industrial power

engineering application, the live working technology was used for repairs of railroad DC contact lines. Today the interest in using the technology for this purpose systematically increases. Live working technology application in the world is also very popular (in Poland only occasionally) in various industrial branches like metallurgical engineering though some tests were carried out in mining industry, too. There is still much to do in the field of industrial applications.

JB: Standardization is one of very important SEP activities – the organization elaborates standards widely recognized by the energy market. Looking back at the Association history we can discover that from the very beginning electricians were involved in elaboration of regulations and standards. At present when standards – for instance in such specialistic branch like modern operation technologies having its own Committees in IEC and CENELEC – are not obligatory any more, an important part is played by the Polish Committee for Standardization and the acting in its framework Technical Committee 72 engaged in problems concerning protective and live working equipment used in power engineering. However, in our opinion it is worth while to benefit by standardization achievements despite the fact that applying majority of standards has had voluntary character since 1993. But if you want to compare you must act in similar conditions and only then you will be able to make use of somebody else's achievements.

TK: We have not mentioned yet about the costs of live working technology implementation and maintenance in everyday's practice. From the articles published in *Energetyka* it appears that it is a vital problem. The driving force of this technology is the cost of energy demanded and not the supplied one. Still, if you do not pay severe compensations it is more difficult to show profits. The author of one of the articles proved exceptional profitability of works on transmission lines. Among some other advantages the method is more beneficial for the environment as you do not have to burn fuels to cover losses generated by transmission lines cutouts which means reduction of CO₂ emission or overloading of 110 kV lines. Also, considerable financial profits are generated by the lack of accidents which is one of the presented here live working technology distinctive features.

BD: Development of live working technology and application of commonly used materials like epoxy resins, poliurethane or elastomers for its needs leads to reduction of prices. After all, for working on non-live lines you also need equipment and tools. But though the equipment used for this technology and the staff training are more expensive, the method is more profitable for companies and end-users, too. We should not forget that we bear smaller social costs connected with industrial accidents and the image of working for power industry also improves. And, last but not least, we all want to feel comfortable with electric energy being delivered uninterruptedly day and night and for the whole year long.

JB: The problem of training costs was mentioned in this debate. Let us accentuate the role which SEP has been playing in the field of training for all the time. Many courses concerning live working technology as well as qualification exams were organized with the help of many members of our Association. This activity is also a vital part of the organization's life. All in all, on the occasion of the 90th SEP anniversary we can really be proud of the role the organization played in implementation and popularization of live working technology.

TK: After all that discussion we can have the impression that live working technology is almost omnipresent but difficulties concerning its popularization will not replace the everyday's pragmatism. Oddly enough, after 75 years of experience, this branch of knowledge is still treated marginally by high school syllabuses and training programs. Even electric power companies underrate it.

KL: I am sure that this state of affairs will soon change. Emerging competition, free energy market, modern companies and duties of network operators should favour the process. It does not, of course, alter the fact that it is necessary to openly promote it.

JB: It is true that live working technology deserves better place in the high education system. It is present only in the form of a complementary subject on various types of post-diplomma studies, including realized by Politechnika Śląska and one of American colleges Polish-American Studies under my personal management. Perhaps we should increase access to this branch of knowledge, organize specialized trips to countries where the technology is on a high level and industrial applications are more common. But here we need cooperation with industry and network operators. We should also share our knowledge and experience with adjoining power industries – a very successful international Seminar in Lithuania proved such doings to be possible and useful and showed that this kind of activities is like building bridges between countries. Please note that during this debate the problem of safety in modern technologies is also taken into account – that is good, as they compose the so-called connected vessels.

TK: Dear colleagues, I am sure that during this discussion we took up many vital problems. We do not doubt, either, that the presently organized ICOLIM conference will serve further exchange of ideas and experience as well as it will make it possible to get access to other specialists' knowledge. Pages of SEP magazines will be widely open for further publications describing and explaining modern maintenance technologies for both the practitioners and the theorists. Thank you all very much for your participation in this debate.



Problematyka eksploatacji sieci przesyłowej pod napięciem na europejskich konferencjach ICOLIM w latach 1992–2006

Organizacja przez polskich elektroenergetyków europejskiej konferencji ICOLIM jest znacznym międzynarodowym wyróżnieniem i kolejną szansą upowszechniania wiedzy teoretycznej i praktycznej o eksploatacji sieci przesyłowej i dystrybucyjnej pod napięciem. Technika PPN jest istotnym składnikiem tzw. bezwzględnych technik eksploatacji urządzeń elektrycznych, elektroenergetycznych od 0,1 do 750 kV zarówno prądu przemiennego o częstotliwości 50 (60) Hz, jak i stałego o szerokim zastosowaniu w energetyce zawodowej i przemysłowej. Mamy możliwość zaprezentowania swoich osiągnięć i zapoznania się z postępem w tej dziedzinie w innych krajach. W Polsce już w latach 30. ub. wieku wykonywano pierwsze prace z użyciem drążków izolacyjnych. Technika PPN jest sukcesywnie rozwijana od połowy lat 70., a najszersze jej zastosowanie odnotowano w sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia. Prace w sieci średniego napięcia są stosowane tylko w kilku polskich przedsiębiorstwach.

W niniejszym artykule scharakteryzowano osiągnięcia w technice prac pod napięciem w sieci przesyłowej głównie państw europejskich, prezentowanych na konferencjach ICOLIM.

Pomysł europejskiej konferencji zrodził się po szeregu konferencji krajowych w różnych państwach. W Polsce pierwsza konferencja prac pod napięciem odbyła się w 1988 roku. Rozpocząła się szersza wymiana doświadczeń z połączeń transgranicznych w związku ze swobodniejszą budową sieci oraz współpracą w ramach połączonych systemów elektroenergetycznych wielu państw. Na procesy te nałożyły się pozytywne przemiany gospodarcze i polityczne w Europie.

Aktywna postawa Węgrów w końcu lat 80. i na początku lat 90. w dziedzinie techniki prac pod napięciem, którzy rozwijali ją na wszystkich poziomach napięcia, zaowocowała koncepcją i organizacją pierwszej w Europie międzynarodowej konferencji prac pod napięciem ICOLIM. Pięć państw (Węgry, Francja, Włochy, Hiszpania i Portugalia) postanowiło organizować tę konferencję co dwa lata. Sukces konferencji zachęcił także inne państwa do prezentacji swoich osiągnięć. Ciekawostką tych pierwszych pięciu konferencji były pokazy prac na sieci przesyłowej wykonywane przez brygadę międzynarodową. Z reguły był to pokaz wymiany izolatorów w sieci o napięciu 400 kV. Pokazy te wykazywały możliwości uzgodnień standardów realizacji prac mimo różnic w prawodawstwie państw członkowskich reprezentantów wchodzących w skład brygady. Dziś już tak nie dziwi ujednolicanie wymagań i kwalifikacji elektryków w ramach UE chcącej zapewnić

swobodny przepływ towarów i usług, także w dziedzinie obsługi sieci elektroenergetycznych.

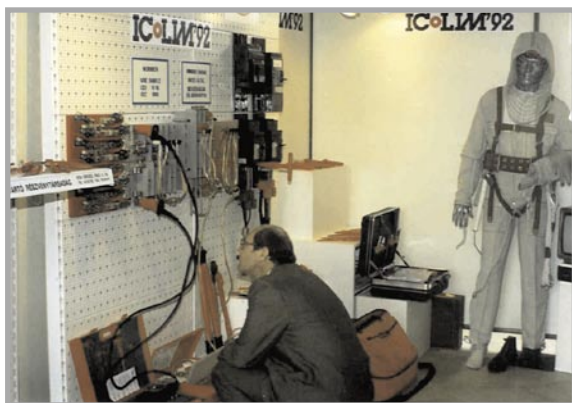
Wróćmy do organizacji ICOLIM na Węgrzech. Wybudowana linia 750 kV o dużym znaczeniu dla energetyki i gospodarki Węgier zwróciła uwagę na niezawodność dostaw. Rezerwa i uzupełnienie dostaw energii miało odbywać się polską linią 750 kV połączoną z węgierskim systemem przesyłowym liniami 400 kV poprzez teren b. Czechosłowacji. Zatem zainteresowanie, aby polska strona utrzymywała także wysoki stopień niezawodności przesyłu energii zaowocował szerszą międzynarodową współpracą, w tym przygotowaniem do zastosowania na liniach techniki PPN.

W rozwoju kontaktów z Polską aktywną rolę odegrał w dziedzinie prac pod napięciem śp. dr Béla Csikós – autor wielu technologii i rozwiązań konstrukcyjnych sprzętu – oraz pracownicy *OVIT*. Od wielu lat stroną węgierską w organizacji konferencji ICOLIM reprezentuje György Fehér z *MVM*, który był także wieloletnim przedstawicielem Węgier w IEC Komitecie 78. Natomiast węgierskim przedstawicielem w grupie DIS.LIVE (prace pod napięciem) UNIPED był śp. A. Szakonyi. Grono współpracowników węgierskich zresztą stanowią dziś przedstawiciele nie tylko energetyki, ale także producenci i przedstawiciele firm wykonawczych.

W dniach 20–22 maja 1992 roku w Keszthely nad Balatonem spotkali się przedstawiciele kilkudziesięciu państw świata, którzy wygłosili referaty i zapoznali się z pracami pod napięciem na okolicznych węgierskich urządzeniach niskiego, średniego i wysokiego napięcia. Polska trzyosobowa delegacja zaprezentowała dwa referaty; pierwszy z nich dotyczył rozwoju prac pod napięciem w Polsce, drugi zaś polskich badań wpływu oddziaływania pól elektromagnetycznych na otoczenie. W sumie zostało zaprezentowanych 41 referatów przez przedstawicieli 10 państw. Najwięcej przedstawili Węgrzy – 21, cztery wygłosili przedstawiciele Francji, trzy Rosji, po dwa Kanady, Hiszpanii, Austrii, b. Czechosłowacji oraz Polski, po jednym referacie – USA i Norwegia.

Najciekawszym pokazem PPN towarzyszącym konferencji była wymiana izolatorów na linii 400 kV z zastosowaniem specjalnego ekranu chroniącego pracownika na potencjale od wpływu silnych składowych pola elektromagnetycznego.

Węgierski referat dotyczący PPN na urządzeniach wysokich napięć przedstawił dr Béla Csikós. Omówił węgierskie doświadczenia PPN na liniach 400 i 750 kV. Warto dodać, iż w Polsce pracę pod napięciem na linii 750 kV wykonano w lipcu 1988 roku.



ICOLIM 1992:
 Wystawa sprzętu i wyposażenia na różne napięcia



ICOLIM 1994:
 Sprzęt zmechanizowany ułatwiający prace na stacjach

Prace pod napięciem na liniach przesyłowych najwyższych napięć pozwalają na lepszą stabilizację systemów elektroenergetycznych, dostępność instalacji linii przesyłowych. Przygotowania do nich są droższe od prac na wyłączonych liniach, m.in. ze względu na droższy sprzęt i przeszkolenie monterów. Dr Csikós zwracał uwagę, że Węgrzy mają przygotowane programy szkoleniowe dla monterów pracujących pod napięciem na liniach przesyłowych, planują techniki i technologie, odpowiednie dla prac pod napięciem na różnych typach linii przesyłowych oraz użycie i wdrożenie nowych narzędzi i sprzętu. Bardzo ciekawe referaty zaprezentowali przedstawiciele Hiszpanii oraz Rosji. Poruszone w nich zostały sprawy wymiany izolatorów na czynnych liniach 220 – 750 kV oraz aspekty ekonomiczne prac pod napięciem na czynnych elementach sieci przesyłowej.

Znaczące osiągnięcia w technice prac pod napięciem należą niewątpliwie do Francuzów. Konsekwentny i kompleksowy rozwój tej dziedziny oraz jej rozpowszechnienie w różnych krajach Europy i świata, zwłaszcza w krajach Północnej Afryki spowodował, że mówiło się o francuskiej szkole PPN. Konieczność utrzymania wysokiego poziomu pewności wyprowadzenia mocy z licznych francuskich elektrowni atomowych sprzyjała szybkiemu rozwojowi techniki PPN na liniach przesyłowych, natomiast ograniczanie zastępczych czasów wyłączeń sieci dystrybucyjnej oraz wysoki poziom bezpieczeństwa pracy pod napięciem skłaniał do szerszego nią zainteresowania i zainwestowania.

Ogromne doświadczenie Francuzów w technice eksploatacji spowodowały, że po Węgrach oni byli kolejnymi organizatorami konferencji ICOLIM.

W dniach 7–9 września 1994 roku na zbiegu granic niemieckiej, szwajcarskiej i francuskiej w **Miluzie**, kolebce francuskiej techniki PPN, odbyła się druga tego typu konferencja. Zgromadziła ona 340 uczestników z 26 krajów świata. Polska reprezentacja liczyła 21 osób. Na konferencji wystuchano 74 referatów, w tym jednego z Polski, obejrzano stoiska wystawowe 22 wystawców francuskich i zagranicznych.

Polski referat dotyczył eksploatacji pod napięciem linii 220, 400, 750 kV w Polsce. Referaty wydano w trzech tomach.

Prowadzenie prestiżowej pierwszej sesji ICOLIM powierzono Polakowi Jerzemu Andruszkiewiczowi. Inne sesje prowadzili oprócz Francuzów, Węgrów i Hiszpan.

Przewodniczący sesji w ostatnim dniu konferencji składali raporty podsumowujące wystuchane referaty i dyskusję na ich temat. Kontakty Francuzów z Polakami były w tamtych latach ożywione. Już w latach 70. nawiązano współpracę, a ówczesny Przewodniczący francuskiego Komitetu Prac pod Napięciem J. Bosch przebywał w Polsce. Warto wspomnieć, że pierwsze dwadzieścia kompletów sprzętu do prac pod napięciem w sieci niskiego napięcia zakupiono we Francji i pierwsze ekipy zakładów energetycznych zostały wyposażone w ten sprzęt i rozpoczęły eksploatację sieci niskiego napięcia w sposób kompleksowy od 1976 roku. Pierwsze polskie przepisy PPN wzorowano na francuskich odpowiednikach.

W przygotowaniu konferencji i jej przebiegu ważną rolę odegrało kierownictwo SERECT – ośrodka badawczego do PPN w Miluzie: Philippe de Villèle oraz Jean-Claude Antoine. Do ożywienia francuskich kontaktów przyczynili się: Christian Samson, a zwłaszcza Gerard Soufflet. Nie sposób wymienić wszystkich, zwłaszcza przedstawicieli francuskich firm, m.in. *Sibille, Catu, Fameca, Protecta, Egi* produkujących sprzęt do PPN i aktywnie uczestniczących w konferencjach ICOLIM, a także propagujących nowe rozwiązania sprzętu.

Szczególnie aktywny był – wielokrotnie przebywający w Polsce – Claude Chodot. Ważne funkcje w organach organizacji międzynarodowych zajmowali m.in. Jacques Tête, długoletni przewodniczący Grupy DIS.LIVE UNIPEDE, a w Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej CEI: pierwszy przewodniczący tego Komitetu A. de Villele oraz Jacques Lalot i Christian Atlani. W konferencji ICOLIM'94 uczestniczył Yves Lhullier, długoletni przedstawiciel *EdF* w Polsce.

Konferencja ICOLIM'94 wyróżniła się bogatą tematyką referatów i międzynarodową dyskusją okrągłego stołu na temat oddziaływań elektromagnetycznych. Pokazy prac zostały okrojone do pokazu sprzętu i technologii nie wymagającej ograniczeń podczas deszczu. Ale zarejestrowano je na video i odtworzono w salach konferencyjnych.

Warto wspomnieć o wizycie uczestników konferencji w *Electropolis* – muzeum elektryczności, w którym do dziś można zobaczyć elementy używanego wyposażenia do PPN.

Organizacja trzeciej konferencji ICOLIM przypadła Włochom, kolejnemu z piątki państw inicjujących cykl konferencji. Technika prac pod napięciem była we Włoszech sukcesywnie rozwijana na urządzeniach od niskich napięć aż po sieć przesyłową, a włoska energetyka należy do europejskiej czołówki, która dostrzegała potrzebę utrzymania sieci elektroenergetycznych bez wyłączeń. Osiągnięciami Włochów wzbudzającymi ogromne zainteresowanie były prace ze śmigłowców z zastosowaniem automatów do zakładania kul sygnalizacyjnych w celu oznakowania ważnych skrzyżowań lub zbliżeń, np. do lotnisk oraz urządzeń zautomatyzowanych do mycia izolacji, także z pokładu śmigłowca.

Trzecia konferencja odbyła się w Wenecji w dniach 25–27 września 1996 roku. Na konferencji spotkało się ponad 500 osób z całego świata. Miejscem pokazów i wystawy ciężkiego sprzętu była stacja 380/220/132 *Dolo* (ok. 20 km od Wenecji) i okoliczne urządzenia elektroenergetyczne.

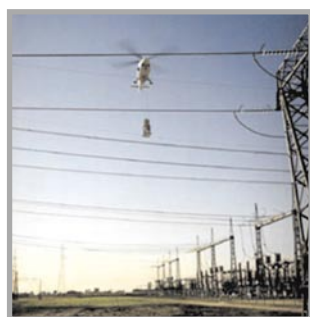
Materiały konferencyjne wydano w jednym tomie zawierającym 41 referatów, w tym: 11 z Włoch, 5 Portugalii, po 4 z Francji i Hiszpanii, 3 z USA, po 2 z Brazylii, Ukrainy, Węgier, Niemiec oraz po jednym z Polski, Japonii i Wielkiej Brytanii; ponadto 2 referaty były wspólne – Kanady i USA, a jeden Kanady i Węgier. Polska strona zaprezentowała referat: *Perspectives de développement des travaux sous tension dans les installations électriques en Pologne*, którego autorami byli: J. Dąbrowski, B. Dudek, J. Andrzejewicz. Omawiono perspektywy i ograniczenia w rozwoju techniki prac pod napięciem w urządzeniach elektroenergetycznych w Polsce.

W sumie odbyło się sześć sesji: A – Operation (7 referatów), B – Insulations-Distances-Distance Splitting (6 referatów), C – Working Procedures (8 referatów), D – Tools-Personal Equipment (8 referatów), E – Advanced Techniques (7 referatów) i F – Legal and Regulatory Aspects (6 referatów).

Włosi zaprezentowali w swych referatach techniki mycia izolatorów na czynnych liniach przesyłowych oraz zakładanie kul ostrzegawczych na napowietrznych liniach przesyłowych za pomocą automatu zamocowanego do śmigłowca.



ICOLIM 1996: Wymiana odciągowego łańcucha izolatorów z użyciem drabiny samozatraskowej



ICOLIM 1996: Zastosowanie automatu do zakładania kul z użyciem śmigłowca

Doświadczenia Włochów w czyszczeniu izolacji na czynnych liniach przesyłowych są znaczące ze względu m.in. na usytuowanie kraju między morzami, gdzie wiatry niosą ze sobą duże ilości soli. Czyszczenie izolatorów jest wg Włochów sprawą niezwykle istotną na obszarach, gdzie występuje duże zanieczyszczenie powietrza (np. obszary miejskie przemysłowe, nadmorskie – sól, pustynne – pył, kurz, piach). W laboratorium wysokich napięć w Livorno powstało urządzenie do czyszczenia izolacji linii pod napięciem. Niewyłączanie napięcia podczas mycia izolatorów powoduje efektywniejsze wykorzystanie zdolności przesyłowych, nie powoduje ograniczeń przesyłowych. Włosi w swym referacie przedstawili procedury przygotowania i prowadzenia prac metodami w pełni zautomatyzowanymi (roboty) oraz połączonymi metodami manualnymi, automatycznymi oraz z helikoptera. Do 1996 roku wykonano łącząc robotykę z pracami ręcznymi następujące prace: na linii 525 kV – umyto 45 łańcuchów izolatorów typu V oraz I linii jednorowej; na linii 420 kV – umyto 21 łańcuchów izolatorów typu V linii jednorowej; na linii 220 kV – umyto 14 łańcuchów izolatorów typu I na linii dwutorowej.

We włoskiej sieci przesyłowej użycie śmigłowców oraz automatów do czyszczenia izolacji jest sprawą niezwykle istotną ze względu na rozległość i dostępność linii.

Włosi zaprezentowali również automatyczny system do zakładania kul sygnalizacyjnych i ostrzegawczych na liniach przesyłowych pod napięciem. Do 1996 r. dzięki zastosowaniu automatów do zakładania kul przymocowanych do śmigłowca założono ponad 30 000 kul sygnalizacyjnych i ostrzegawczych na przewodach odgromowych linii przesyłowych będących pod napięciem. Automat ten pozwala na jednorazowe zabranie do dwóch zbiorników 38 półkul, które następnie łączone są ze sobą na przewodzie odgromowym. Waga automatu wraz półkulami wynosi 240 kg.

Ciekawy referat przedstawili Hiszpanie, w którym opisali pierwsze w ich kraju prace pod napięciem na linii 400 kV na słupach rurowych.

Konferencji ICOLIM'96 przewodniczył Giuseppe Potestio. Przewodniczącym Międzynarodowego Komitetu Technicznego był Mario Ricca, a członkami włoscy przedstawiciele: Luigi D' Ajello Caracciolo, Giovanni Marrone, Roberto Bonzano. Przewodniczącym włoskiego Komitetu Organizacyjnego był Francesco Scornajenchi. Wszyscy reprezentowali firmę **ENEL**.

Międzynarodowy Komitet Techniczny reprezentowali oprócz przedstawicieli Włoch reprezentanci Portugalii, Belgii, Francji, Polski, Węgier i Hiszpanii. Spotkania poprzedzające konferencję odbyły się w Padwie i Turynie. Na pierwszym posiedzeniu zapoznano się z propozycjami dotyczącymi programu konferencji i pokazów, na drugim przyjęto propozycje referatów do wygłoszenia. Włosi umożliwili zwiedzanie ośrodka – centrum szkoleniowego PPN w Viverone, niedaleko Turynu.

Konferencja ta – niezwykle udana pod względem merytorycznym – miała także piękną oprawę. Uczestnikom konferencji ICOLIM pozostanie na zawsze w pamięci stopniowe rozświetlanie wnętrza Bazyliki św. Marka, a potem piękny koncert muzyki poważnej.

Organizacja czwartej konferencji przypadła Portugalczykom. Technika prac pod napięciem w Portugalii jest rozwinięta na wszystkich poziomach napięcia.

Czwarta konferencja ICOLIM odbyła się w dniach 16–18 września 1998 r. w Lizbonie (Portugalia). Miejszem obrad i wystawy sprzętu i narzędzi była siedziba *FIL – Feira Internacional de Lisboa* nad brzegiem Tagu w Lizbonie. Pokazy i wystawa ciężkiego sprzętu odbyły się na stacji *Pamela* (ok. 40 km od Lizbony) i okolicznych urządzeniach elektroenergetycznych. Konferencja zgromadziła około 400 uczestników z 23 krajów świata. Najliczniej reprezentowani byli Portugalczycy i sąsiedzi: Francuzi i Hiszpanie. Kilkunastoosobowe grupy reprezentowały Niemcy, Węgry i Polskę. Uroczystość otwarcia konferencji poprzedził specjalnie na ICOLIM przygotowany pokaz laserowy typu „światło i dźwięk”.

Wygłoszono ponad 50 referatów, w tym 2 polskie: *Les TST dans les reseaux aeriennes MT des Centres de Distribution polonaises* (J. Sztukowski – *ZE Olsztyn*) oraz *Identification des dangers et analyse des risques lors de travaux effectués sous tension* (B. Dudek, J. Dąbrowski – *PSE SA*).

Referaty były prezentowane w sześciu sesjach. W drugim dniu odbyły się pokazy technologii i sprzętu. Największe zainteresowanie budziły pokazy śmigłowcowe i roboty, choć nie zabrakło klasycznych już prac typu wymiana izolatorów na różnych poziomach napięcia. Duże zainteresowanie wzbudzał hiszpański robot do prac na liniach napowietrznych SN.

Warto dodać, że uczestnicy konferencji zwiedzili tereny EXPO'98 poświęconej Oceanom, biorąc udział w specjalnym okolicznościowym spektaklu.

W referatach dotyczących sieci przesyłowej Portugalczycy przedstawili doświadczenia w pracach pod napięciem wykonywanych przez specjalistyczne przedsiębiorstwa na portugalskiej sieci przesyłowej.

Opisane zostały m.in. prace związane z usuwaniem obcych ciał ze słupów linii, czyszczenia izolacji, wymiany uszkodzonych izolatorów na liniach oraz przedstawiono pierwsze prace na stacjach elektroenergetycznych w Portugalii. W referatach poruszono temat instalacji i montażu przewodów typu OPGW na czynnych liniach przesyłowych oraz opisano mycie i czyszczenie różnego

typu izolacji dzięki zastosowaniu wody zdemineralizowanej czy suchego lodu.

Belgowie przedstawili swoje doświadczenia związane z pracami pod napięciem na czynnych obiektach stacyjnych, m.in. montaż ekranów, sieci chroniących przed opadnięciem przewodów, dobór sprzętu i narzędzi do PPN na stacjach. Wiele artykułów poświęconych było bezpiecznym odległościom w pracach pod napięciem, ich wyznaczaniu i zachowaniu przy różnych metodach prac pod napięciem.

Specjaliści z różnych krajów mieli okazję wymienić doświadczenia i pochwalić Portugalczyków za wysiłek włożony w sprawny i efektywny przebieg konferencji. Kolacja w starej elektrociepłowni nad brzegiem Tagu pozostanie w pamięci na długie lata za przyczyną fado, śpiewu, w który włączyła się dyskretnie kilkusetosobowa ekipa energetyków portugalskich.

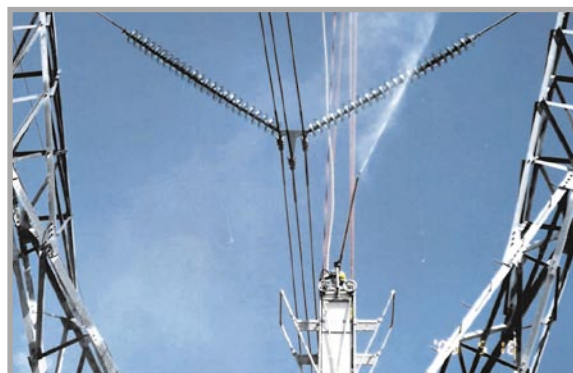
Kolejny ICOLIM zorganizowali Hiszpanie. **Piąta konferencja odbyła się w dniach od 17 do 19 maja 2000 roku w Madrycie.**

Po raz pierwszy Polacy uczestniczyli w niej w najpełniejszy sposób, tzn.: wygłosili referat nt. prac pod napięciem, zorganizowali stoisko prezentujące ofertę spółek dystrybucyjnych oraz PTPIREE, uczestniczyli w pokazach PPN, podczas których przedstawiciele *Zakładu Energetycznego Toruń SA* zaprezentowali wymianę pod napięciem izolatora na udostępnionej przez organizatorów linii 66 kV (adaptowano umiejętności z polskich linii 110 kV). Udział polskiej brigady PPN w pokazach to niewątpliwie zasługa dyrekcji wspomnianej spółki dystrybucyjnej, zwłaszcza dyrektora Ryszarda Michniewskiego oraz odpowiedzialnego z pracą Tomasza Niejadlika. Demonstrowaną wymianę odciągowego łańcucha izolatorów szklanych dokonano metodą z odległości.

Na jedenastu sesjach konferencyjnych zaprezentowano 124 referaty. Odbyło się 11 sesji merytorycznych: 6 pierwszego oraz 5 trzeciego dnia konferencji. Poświęcone były specjalistycznym zagadnieniom PPN i w zakresie przesyłu obejmowały m.in.: doświadczenia różnych krajów we wdrażaniu i wykonywaniu PPN na liniach i stacjach, metody oraz nowe technologie stosowane w różnych krajach na sieci przesyłowej i dystrybucyjnej (odrębna sesja), doświadczenia z użytkowania oraz stosowania nowych narzędzi, sprzętu, indywidualnego i zbiorowego



ICOLIM 1998: Mycie izolacji linii pod napięciem



ICOLIM 2000: Mycie izolacji fazy środkowej (w zbliżeniu)

wyposażenia ochronnego do PPN, jakość serwisu elektrycznego, szkolenie monterów do PPN, regulacje prawne, przepisy, normy oraz zagadnienia pola elektrycznego i magnetycznego podczas PPN. Patronat nad konferencją ICOLIM w Madrycie sprawował kilkunastoosobowy Komitet Honorowy pod przewodnictwem księcia Asturii Felipe de Borbón. Międzynarodowy Komitet Techniczny liczył 23 osoby, w tym ośmiu Hiszpanów, trzech Francuzów, po dwóch przedstawicieli Niemiec, Włoch, Węgier, Portugalii i Polski oraz po jednym Belgii i USA.

Szósty ICOLIM odbył się w dniach 5–7 czerwca 2002 roku w Berlinie w Niemczech. Po raz pierwszy konferencja została zorganizowana przez nowego uczestnika Międzynarodowego Komitetu Technicznego ICOLIM. W konferencji uczestniczyło ponad 350 osób, choć zarejestrowano 525 uczestników z 33 krajów. Pokazy prac pod napięciem odbyły się na stacji VEAG w Ragow. W trakcie konferencji zaprezentowano 68 referatów, w tym jeden polski: *Helicopter services for power line system in Poland*, którego autorami byli A. Balawender, B. Dudek i E. Piechoczek (który referat wygłosił).

Zorganizowano 21 sesji specjalistycznych (po 3–4 referaty), prowadzonych równolegle w trzech grupach. Sesje te dotyczyły m.in.: rozwoju prac pod napięciem, prac pod napięciem w sieciach wysokich napięć, prac prowadzonych przez roboty, z helikopterów oraz izolowanych podnośników koszowych, laboratoriów do badań sprzętu i narzędzi do PPN, wydajności prac pod napięciem, narzędzi i sprzętu, aspektów bezpieczeństwa oraz nowych procedur PPN.

Najnowsze rozwiązania dotyczące prac pod napięciem obejmowały następujące zagadnienia: rozwój robotyzacji i zakresu prac zautomatyzowanych, nowatorskie prace wykonywane ze śmigłowców, nowe technologie wykonywania PPN oraz najnowsze rozwiązania sprzętu i narzędzi.

W wielu krajach (gdzie istnieją rozległe sieci przesyłowe) bardzo popularne stało się wykorzystywanie helikopterów do wykonywania prac pod napięciem. Helikoptery wykorzystywane są również do prac w terenie i miejscach trudno dostępnych.



ICOLIM 2002:
 Zastosowanie drabin do przejścia między fazami

Podczas konferencji ICOLIM prace z helikopterów były omawiane i porównywane m.in. przez przedstawicieli Hiszpanii, Polski, Niemiec i Francji.

Do podstawowych zalet przeglądu linii z helikoptera zaliczono: krótki czas prowadzenia przeglądu w porównaniu z metodami konwencjonalnymi; szybki i łatwy dostęp do wszystkich elementów linii, zwłaszcza tych niewidocznych z ziemi, a narażonych na największe wpływy atmosferyczne; pełną analizę, zarówno optyczną jak i termowizyjną, dającą znacznie większą ilość informacji i pozwalającą dokładniej ocenić stan linii.

Od konferencji w Berlinie skład Międzynarodowego Komitetu Technicznego ograniczono do przedstawicieli ściśle związanych z deklaracją i organizacją ICOLIM, zatem członkami tego gremium są przedstawiciele następujących państw: Portugalii, Włoch, Węgier, Hiszpanii, Francji, Niemiec oraz uzupełniono skład o przedstawicieli nowego Organizatora konferencji – Rumunii.

Siódma konferencja ICOLIM odbyła się w dniach 25–27 maja 2004 roku w Bukareszcie w Rumunii.

Tematyka konferencji została podzielona na trzy grupy:

- prace pod napięciem na niskim, średnim i wysokim napięciu (23 referaty),
- aspekty prawne i przepisy (22 referaty),
- monitorowanie sieci przesyłowej (21 referatów).

Tematyka referatów dotyczących wysokiego napięcia obejmowała doświadczenia z realizowanych prac, metody i procedury wykonawcze, nowe technologie. W dziedzinie prawa i kształtowania przepisów poruszano: problemy ekonomiczne, bezpieczeństwa pracy, wyposażenia, sprzętu i narzędzi do realizacji prac; jakości i efektywności PPN, rekrutacji, szkolenia i kwalifikacji personelu.

W zakresie monitorowania sieci przesyłowej omawiano problemy: koordynacji izolacji, określania i oddziaływania pól elektromagnetycznych sieci i ich wyposażenia. Powyższe grupy podzielone zostały na 6 sesji, w których prezentowano od 2 do 6 referatów. W sumie zaprezentowano 66 referatów, których autorzy pochodzili z 15 krajów.



ICOLIM 2004:
 Wieża izolacyjna pozwala dotrzeć do odciągowych izolatorów szyn

Zaprezentowany został również jeden referat z Polski pt. *Replacement of long rod tension insulators string on the anchor support and angle support on 110 kV overhead lines*, którego autorami byli: Ryszard Michniewski i Zbigniew Konieczny, a referat wygłosił Dariusz Michniewski.

W kilku referatach z zakresu normalizacji poruszono problematykę określania bezpiecznych odległości według metodologii zaproponowanej w normie IEC 61472, porównując wyniki z odległościami zaproponowanymi w normie EN 50110. Szczegółowo omówiono współczynniki mające wpływ na wyniki obliczeń.

Zagadnienia sprzętowe dotyczyły m.in. wpływu koncepcji budowy drążków izolacyjnych na czas ich użytkowania. Bogato zilustrowano środki ochronne przed upadkiem z wysokości stosowane zwłaszcza na napowietrznych liniach przesyłowych. Przedstawiono również odzież chroniącą przed skutkami termicznymi powstającego łuku. Z ciekawostek – Włosi zaprezentowali nowe instrumenty wykorzystujące nowoczesne technologie multimedialne oraz rzeczywistość wirtualną w procesach szkoleniowych personelu do prac pod napięciem.

Pokazy odbyły się na stacji 400 kV *Domnesti* pod Bukaresztem. Jednym z ciekawszych pokazów była demonstracja zakładania łładki na pojedynczym przewodzie linii przesyłowej.

W Komitecie Honorowym był m.in. Minister Przemysłu i Handlu Rumunii. Międzynarodowy Komitet Sterujący, któremu przewodniczył Stelian Gal, składał się z przedstawicieli: Niemiec, Hiszpanii, Francji, Węgier, Włoch, Portugalii i Czech. Na czele Międzynarodowego Komitetu Technicznego stał Ioan Diafonu.

Ósma konferencja ICOLIM odbyła się w dniach 7–9 czerwca 2006 roku w Pradze w Czechach. Wzięło w niej udział 329 uczestników, w tym 65 wykładawców, którzy wygłosili 68 referatów. Polski referat pt. *Live line work on 400 kV and 220 kV OHL executed by ENERGA SA Concern, Branch in Toruń*, został przygotowany przez Andrzeja Krawulskiego i Tomasza Niejadlika.

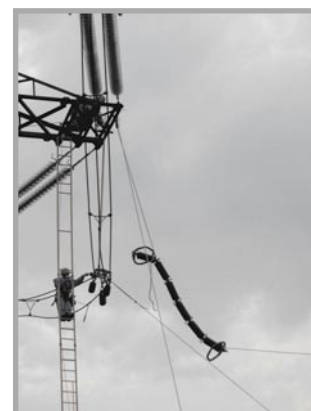
Zaprezentowało się 39 wystawców, w tym *Hubix* z Polski, jeden z producentów sprzętu asekurującego przed upadkiem z wysokości, oraz PTPIREE wraz z *Koncernem Energetycznym ENERGA SA*.

Stoiska wystawowe mieściły się w hotelu, a przed nim ulokowano ciężki sprzęt umożliwiający prace pod napięciem, np. podnośniki z ramieniem izolacyjnym. Na konferencji ICOLIM w Pradze referaty tłumaczono symultanicznie na kilka języków: czeski, angielski, francuski i hiszpański, co pozwoliło przedstawicielom 33 państw z wszystkich kontynentów swobodnie słuchać konferencyjnych prezentacji. Jak zwykle na konferencjach prezentowano wiele ciekawych referatów dotyczących teoretycznych rozważań i problemów, aktualnych prac normalizacyjnych, prezentowano także zagadnienia techniczne i technologiczne.

Z zakresu prac na liniach i stacjach omawiano: czyszczenie zabrudzonych izolatorów, przebudowę linii napowietrznych z użyciem systemów ERS, wymianę izolatorów, prace z wózka jezdowego przewodowego, montaż przewodów światłowodowych na czynnych liniach, wymianę przekładników napięciowych



ICOLIM 2006: Zastosowanie drabin izolacyjnych



ICOLIM 2006: Wymiana tańcucha izolatorów podtrzymującego mostek

i innych aparatów na stacjach, zagadnienia jakości sprzętu do PPN i jego badań, nowe konstrukcje i modelowanie ubiorów ochronnych do PPN, ryzyko i bezpieczeństwo prowadzenia prac pod napięciem.

Dotychczasowy dorobek konferencji ICOLIM należy ocenić bardzo wysoko, zarówno pod względem merytorycznym – referaty, pokazy i wystawy – jak i niezwyklej oprawy artystycznej: występy zespołów ludowych na Węgrzech, spektakl baletowy we Francji, koncert muzyki poważnej we Włoszech, śpiewy fado w Portugalii, tańce flamenco w Hiszpanii, wycieczki statkiem po Sprewie w Niemczech, kwartet smyczkowy w Rumunii, uroczysta kolacja w sali balowej pałacu prezydenckiego na Hradczanach w Czechach. To wszystko składa się na niepowtarzalny klimat tego rodzaju konferencji.

Dziewiątą konferencję organizują polscy energetycy w Toruniu. Wyrażamy nadzieję, że zapisze się ona także dobrymi wspomnieniami, a przede wszystkim pobudzi do dalszego, intensywniejszego zastosowania PPN w polskiej sieci przesyłowej.

Prezentowane na konferencjach ICOLIM referaty dotyczyły zarówno sieci przesyłowej, jak i dystrybucyjnej. W niniejszym artykule zestawiono referaty poświęcone problemom eksploatacji sieci przesyłowej w podziale na grupy tematyczne, co pozwala na orientację w dotychczasowej problematyce prezentowanej na konferencjach ICOLIM w latach 1992–2006.

Zaproponowano następujące grupy tematyczne:

- urządzenia elektroenergetyczne: linie i stacje,
- czynniki decydujące o PPN: bezpieczne odległości, pole elektromagnetyczne, przepięcia i ryzyko,
- technologie specjalistyczne: diagnostyka, użycie śmigłowców, robotyka, czyszczenie izolacji,
- wyposażenie do PPN: sprzęt, narzędzia i indywidualne środki ochrony, normalizacja wymagań,
- aspekty formalne: problemy prawne i bezpieczeństwa pracy, szkolenie, jakość usług, ekonomika prac.

Tematyczne zestawienie referatów podano w tabeli 1.

Grupa tematyczna	Tematyka referatu	Pozycja literatury
Urządzenia elektroenergetyczne		
Linie	Przygotowania do prac pod napięciem na przewodach fazowych linii 400 kV.	11
	Stopień bezpieczeństwa monterów podczas prac pod napięciem na słupach linii od 220 do 1150 kV.	16
	Prace pod napięciem na kompaktowych liniach napowietrznych wysokiego napięcia.	20
	Eksploatacja polskich linii 220, 400 i 750 kV pod napięciem.	21
	Prace pod napięciem na liniach 380 kV w ENEL.	27
	Ocena korozji przewodów w warunkach załączonego i wyłączonego napięcia.	42
	Wysokonapięciowe łańcuchy izolatorowe z uszkodzonymi kołpakami. Warunki zastosowania prac pod napięciem.	45
	Informacja zwrotna przy pracach pod napięciem o wewnętrznym stanie izolacji długopniowej na słupach.	46
	Pierwsze prace pod napięciem w Hiszpanii na linii 400 kV na słupach rurowych.	49
	Prace pod napięciem w ENEL na liniach 380 kV: łańcuchy izolatorów na słupach krańcowych, mocnych.	50
	Rozważanie problemów dotyczących prac pod napięciem na napowietrznych liniach elektroenergetycznych.	51
	Postęp w rozwoju prac pod napięciem na liniach przesyłowych w Polsce.	62
	Prace pod napięciem na przęsłach linii przesyłowych bardzo wysokich napięć	66
	Zwiększenie wydajności linii przesyłowych: wytyczne prac pod napięciem.	73
	Metoda określania i oceny skutków wyładowań atmosferycznych na liniach przesyłowych.	76
	Instalacja przewodów OPGW na liniach pod napięciem.	79
	Instalacja włókien światłowodowych na liniach przesyłowych. Przegląd zagadnień.	80
	Rozwój nowych technologii dostępu do przewodów fazowych, przemieszczanie się po łańcuchach linii i stacji 500 kV.	88
	Nowe metody prac pod napięciem stosowane na liniach 500 kV.	103
	Instalacja włókien światłowodowych na czynnych liniach.	104
	Wymiana odciągowych łańcuchów izolatorów na słupach mocnych linii 500 kV.	106
	Wymiana przewodów linii przesyłowych wykorzystując techniki prac pod napięciem.	107
	Instalacja przewodów OPGW na czynnych liniach napowietrznych wysokich napięć.	110
	Ponowne wciągnięcie przewodów linii 138 kV pod napięciem.	113
	Podwyższenie poziomu napięcia oraz modernizacja czynnych linii przesyłowych.	116
	Prace przy rozwijaniu i montażu przewodów w pobliżu napięcia. Indukcja elektryczna i elektromagnetyczna.	120
	Doświadczenia oraz przyszły rozwój prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych w CN Transelectrica SA – St Sibiu.	134
	Naprawy, konserwacja czynnych napowietrznych linii wysokiego napięcia – prace pod napięciem jako oferta serwisu publicznego.	136
	Ostatnie doświadczenia oraz przyszłe plany związane z użyciem izolatorów kompozytowych na napowietrznych liniach przesyłowych w CN TRANSELECTRICA SA – St Sibiu.	144
	Montaż przewodów typu OPGW na czynnej linii.	145
	Metody prac pod napięciem do wciągania przewodów typu OPGW.	146
	Ponowne wyregulowanie zwisu linii 500 kV.	161
	Nowe założenia dla programu prac pod napięciem na liniach 345 kV w północnych przedsiębiorstwach (USA).	167
	Bezpieczeństwo oraz osiągnięty postęp w pracach pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych.	168
	Eksperymentalna technologia wymiany przelotowego wielorzędowego łańcucha izolatorowego na napowietrznej linii 400 kV.	169
	Ochrona przed upadkiem na liniach przesyłowych.	172
	Praktyczna koncepcja utrzymania linii kompaktowej EGAT 500 kV pod napięciem, zastosowanie przenośnych iskierników ochronnych.	173
	Zwiększenie liczby odpowiednich technologii utrzymania sieci pod napięciem dla potrzeb rumuńskiego systemu elektroenergetycznego.	177
	Rozważania nad wdrożeniem w rumuńskim sektorze energetycznym reorganizacji oraz konieczności promocji prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych.	178
	Dlaczego by nie stosować technik prac pod napięciem w przewidywaniu czasu eksploatacji połączeń przewodów ACSR? Rumuńskie rozważania teoretyczne, aktualne rozwiązania oraz przyszłe tendencje w tego typu działaniach.	187
Rumuńskie doświadczenia w montażu odgromników na czynnych napowietrznych liniach przesyłowych.	198	
Prace pod napięciem na liniach napowietrznych 220 i 400 kV wykonane przez Koncern ENERGA SA, Oddział Toruń.	199	
Przeizolowanie linii napowietrznej 150 kV Palmela – Evora za pomocą systemu ERS oraz technik prac pod napięciem.	200	
Wymiana izolatora kompozytowego na linii 132 kV.	207	
Montaż przewodów OPGW na słupach kratowych.	208	
Regulacja zwisu wieloprzewodowej linii 500 kV.	210	

Grupa tematyczna	Tematyka referatu	Pozycja literatury
Urządzenia elektroenergetyczne		
Stacje	Prace pod napięciem na stacjach elektroenergetycznych od 63 do 400 kV.	10
	Układy konstrukcyjne stacji 150 kV a prace pod napięciem. Nowe układy stacji 150 kV w Belgii uwzględniające możliwości realizacji prac pod napięciem.	19
	Prace pod napięciem na stacjach.	23
	Montaż oszynowania 400 kV pod napięciem.	24
	Prace pod napięciem na stacjach elektroenergetycznych w Belgii.	35
	Przystosowanie systemu kontrolnego na stacjach do warunków pracy odpowiadającym czynnościom utrzymania pod napięciem.	44
	Pierwsze rezultaty prac pod napięciem na stacjach wysokiego napięcia w Belgii.	69
	Eksperymentalne badanie oceny dostępności procedur prac pod napięciem dla typowych konfiguracji stacji.	71
	Technika instalacji ograniczników przepięć na bazie tlenku cynku (ZnO) na linii przesyłowych.	78
	Rozwój nowych technologii dostępu do przewodów fazowych, przemieszczanie się po łańcuchach linii i stacji 500 kV.	88
	Negatywne aspekty instalacji boczników do dołączania dławików wysokich napięć.	98
	Sprzęt do prac pod napięciem prowadzonych z odległości na stacjach elektroenergetycznych.	108
	Stały monitoring on-line stacji elektroenergetycznych.	124
	Utrzymanie terenu czynnych stacji elektroenergetycznych.	154
	Montaż bocznika odłączającego wyłącznik na czynnej stacji 138 kV oraz 230 kV techniką prac pod napięciem.	158
	Prace pod napięciem w miejscach szczególnie ważnych na stacjach elektroenergetycznych wysokich napięć.	160
	Ulepszenie stacji 500 kV wykorzystując metodę prac na potencjale bez wyłączania urządzeń z ruchu na połączeniu międzynarodowym w Brazylii.	162
	Wymiana wyłącznika prądowego 500 kV z wykorzystaniem drążków izolacyjnych.	165
	Wymiana przekładnika napięciowego na czynnej stacji 230 kV, stanowiącej połączenie systemów Wenezueli i Brazylii, wykorzystując techniki prac pod napięciem na potencjale.	203
Instalacja osprzętu pomiarowego dla przekładników wysokonapięciowych bez wyłączania napięcia.	204	

Grupa tematyczna	Tematyka referatu	Pozycja literatury
Czynniki krytyczne dla PPN		
Bezpieczne odległości	Odpowiedź na narastające problemy podczas wykonywania prac pod napięciem na urządzeniach przesyłowych i dystrybucyjnych.	2
	Określenie minimalnych odstępów powietrznych przy pracach pod napięciem podczas wymiany łańcuchów izolatorów na liniach napowietrznych 220 – 750 kV.	7
	Podstawy koncepcji określania stanu izolacji i odległości wymaganych przy pracach pod napięciem w Europie.	28
	Obliczanie minimalnych odległości w powietrzu na podstawie praw fizyki dla prac pod napięciem w sieciach wysokiego napięcia.	29
	Zastosowanie przenośnych iskierników ochronnych w pracach pod napięciem.	47
	Procedury pozwalające na zmniejszenie odległości przy pracach pod napięciem podczas mycia izolatorów liniowych.	55
	Ulepszanie ograniczania przepięć podczas stosowania prac pod napięciem.	65
	Badanie nad zachowaniem się przerw izolacyjnych w warunkach przepięć łączeniowych między fazami.	70
	Metoda obliczania minimalnej odległości zbliżenia do prac pod napięciem wg standardów IEC.	72
	Bezpieczne odległości przy pracach pod napięciem.	75
	Kolejne porównanie metod kalkulacji minimalnej odległości zbliżenia wg IEC oraz IEEE.	112
	Bezpieczne odległości dla prac przy instalacjach elektrycznych.	125
	Rozwój wyładowań oraz przeskok iskry w przerwach powietrznych zawierających obiekt o pływającym potencjale.	180
	Bezpieczne odległości w pracach pod napięciem w Hiszpanii bazujące na europejskich normach.	182
	Prace pod napięciem. Metodyka obliczeń minimalnej odległości zbliżenia. Porównanie starej i nowej edycji normy IEC 61472.	185
	Operacje w elektrycznych przerwach izolacyjnych.	196
Przepięcia	Zastosowanie przenośnych iskierników ochronnych w pracach pod napięciem.	47
	Procedury pozwalające na zmniejszenie odległości przy pracach pod napięciem podczas mycia izolatorów liniowych.	55
	Ulepszanie ograniczania przepięć podczas stosowania prac pod napięciem.	65
	Przenośne iskierniki ochronne.	143

Pola elektromagnetyczne	Badania oddziaływania pól elektromagnetycznych na otoczenie, prowadzone w Polsce.	12
	Badania choroby zawodowej pracowników pracujących pod napięciem metodą na potencjale na liniach prądu stałego i przemiennego.	17
	Montaż odstępników przez monterów w ubraniach przewodzących będących na potencjale nieustalonym. Określenie wytrzymałości dielektrycznej oraz jej kompensacja.	48
	Rezystancja oraz charakterystyka ekranowania ubrań przewodzących.	52
	Ocena ubrań przewodzących do prac pod napięciem.	53
	Prace pod napięciem – charakterystyka ekspozycji człowieka na działanie pól elektrycznego i magnetycznego o częstotliwości 50 Hz z punktu widzenia norm.	61
	Trendy w przepisach dot. ekspozycji monterów na działanie pola elektromagnetycznego: od uwzględniania reakcji ludzi do wymagań prac pod napięciem.	85
	Ocena narażenia człowieka na działanie pól elektromagnetycznych w warunkach prac pod napięciem.	86
	Pomiar rozkładu pola elektrycznego na izolatorach kompozytowych wykorzystując techniki prac pod napięciem.	99
	Nowe ubiory i sprzęt ochronny do prac pod napięciem.	100
	Oddziaływanie pola magnetycznego podczas prac pod napięciem na linach przesyłowych wysokiego napięcia.	101
	Odzież przewodząca do prac pod napięciem chroniąca przed polem elektrycznym.	105
	Pomiar pola elektrycznego wysokiego napięcia dla różnych prac.	118
	Prace przy rozwijaniu i montażu przewodów w pobliżu napięcia. Indukcja elektryczna i magnetyczna.	120
	Raport ze wspólnych badań pola elektrycznego i magnetycznego o częstotliwości przemysłowej w Meksyku.	129
	Ryzyko	Prace w warunkach indukowania się napięć przy instalacji kabli bardzo wysokich napięć.
Zjawisko sprzężenia elektromagnetycznego w napowietrznych liniach przesyłowych na niskiej i wysokiej częstotliwości.		189
Profilaktyka w dziedzinie ryzyka elektrycznego w EDF.		32
	Identyfikacja zagrożeń i ocena ryzyka podczas prac wykonywanych pod napięciem.	84
	Od analizy ryzyka do techniki prac pod napięciem.	152

Grupa tematyczna	Tematyka referatu	Pozycja literatury
<i>Technologie specjalistyczne</i>		
Diagnostyka	Diagnostyka izolacji aparatem wykorzystującym częściowe wyładowania, praca wykonywana pod napięciem.	14
	Pomiar „korony” w celu wykrycia lokalnych uszkodzeń na napowietrznych liniach przesyłowych.	82
	Mechaniczna i elektryczna ocena stanu izolatorów kompozytowych przed zastosowaniem prac pod napięciem.	111
	Nowoczesne techniki inspekcyjne napowietrznych linii przesyłowych.	170
	Sprzęt do monitorowania wysokonapięciowych przepustów gazowych.	184
	Ocena stanu izolatorów kompozytowych metoda badań nieniszczących.	188
	Pomiar zakłóceń radioelektrycznych wskutek uszkodzeń izolatorów i osprzętu liniowego.	190
	Jakość energii: nowy przekładnik napięciowy do pomiaru szerokiego pasma częstotliwości.	191
	Analiza metod obliczeniowych wpływu przepięć na zjawiska korony.	192
	Proces rozchodzenia się uszkodzeń wewnętrznych.	195
	Rozważania na temat diagnostyki izolatorów kompozytowych.	197
Multispektralny (V, UV, IR) przegląd napowietrznych linii przesyłowych prowadzony na potrzeby rumuńskiego Operatora Sieci Przesyłowej.	206	
Techniki lotnicze	Prace pod napięciem z użyciem śmigłowca.	6
	Usługi śmigłowcowe w hiszpańskiej Red Electrica.	25
	Usługi śmigłowcowe – prace pod napięciem.	26
	Praktyczne doświadczenia w wykorzystaniu śmigłowców z platformami do prac pod napięciem w hiszpańskiej RED ELECTRICA.	117
	Zastosowanie podwójnych systemów do inspekcji linii przesyłowych z powietrza.	123
	Śmigłowiec sterowany zdalnie przez komputer do wizualnej inspekcji napowietrznych linii przesyłowych.	131
	Śmigłowiec w pracach pod napięciem, sprzęt i narzędzia.	140
	Naprawa napowietrznych linii przesyłowych wykorzystujących do tego celu śmigłowiec.	141
Usługi śmigłowcowe dla potrzeb systemu przesyłowego w Polsce.	163	

Robotyzacja	Automatyczny system zakładania kul sygnalizacyjnych na czynnych liniach napowietrznych.	57
	Zmechanizowany proces w instalacji kul ostrzegawczych na napowietrznych liniach przesyłowych.	58
	Europejskie doświadczenia w robotyzacji prac pod napięciem.	87
	Automatyczne aparaty do prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych.	89
	ROBHOT, pojazd do inspekcji i oceny stanu złązek na czynnych liniach.	115
	Śmigłowiec sterowany zdalnie przez komputer do wizualnej inspekcji napowietrznych linii przesyłowych.	131
	HQ Line Rover: zdalnie sterowany pojazd do prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych.	139
	Ekonomiczny i strategiczny wpływ zastosowania robotyki do utrzymania pod napięciem napowietrznych linii przesyłowych.	171
	Prace pod napięciem, czyszczenie łańcuchów izolatorów za pomocą zrobotyzowanych wysięgników teleskopowych.	205
Czyszczenie izolacji	Mycie izolatorów pod napięciem.	13
	Mycie uszkodzonych zewnętrznie instalacji wysokonapięciowych.	15
	Procedury pozwalające na zmniejszenie odległości przy pracach pod napięciem podczas mycia izolatorów liniowych	55
	Nowa metoda mycia izolatorów liniowych.	56
	Rozwiązanie problemu zabrudzeń urządzeń elektrycznych. Projekt użycia zdemineralizowanej wody, korka i suchego lodu.	81
	Analiza wykorzystania strumienia wody pod ciśnieniem do czyszczenia stacji wewnętrznych pod napięciem.	97

Grupa tematyczna	Tematyka referatu	Pozycja literatury
Wyposażenie do PPN		
Sprzęt, narzędzia i indywidualne środki ochrony	Analiza i dobór narzędzi do prac pod napięciem na liniach napowietrznych w ENEL.	54
	Kontrola narzędzi izolacyjnych w celu ekonomicznego utrzymania urządzeń.	83
	Sprzęt do prac pod napięciem prowadzonych z odległości na stacjach elektroenergetycznych.	108
	Prace pod napięciem, metoda prac na potencjale z wykorzystaniem podnośników izolacyjnych, mycie izolatorów pod napięciem wykorzystując zdalnie sterowaną prądownicę na podnośniku.	142
	Liny izolacyjne do prac pod napięciem. Testy laboratoryjne do oceny ich właściwości oraz określenia kryteriów selekcji jako funkcji ich zastosowania.	147
	Właściwości materiałów przewodzących w warunkach prac pod napięciem stałego i przemiennego.	148
	Bocznik gazowy do prac elektrycznych.	157
	Testy dotyczące wykonania struktur izolacyjnych w laboratorium wysokich napięć.	181
	Izolowane gazowe przepusty z urządzeniami mierzącymi i monitorującymi napięcie.	193
Normalizacja wymagań	IEC/KT 78 Przegląd historyczny, nowe struktury i program prac.	63
	IEC TC 78 prace pod napięciem – struktura, strategia oraz program prac.	114
	Rozwój norm i przepisów do prac pod napięciem we Włoszech.	133

Grupa tematyczna	Tematyka referatu	Pozycja literatury
Aspekty formalne do zastosowania techniki PPN		
Problemy prawne i bezpieczeństwa pracy	Prace pod napięciem- brytyjskie doświadczenia z punktu widzenia instrukcji bezpieczeństwa pracy.	59
	Podstawy prawne prac pod napięciem na Węgrzech.	60
	Prace pod napięciem w Hiszpanii a Dyrektywa ramowa (89/391/CEE).	64
	Prace pod napięciem na liniach wysokiego napięcia: punkt widzenia przepisów na rozwój bezpieczeństwa w Wielkiej Brytanii.	93
	Projekt do wyeliminowania wypadków oraz przeciwdziałania powstaniu niebezpiecznych zdarzeń w pracach pod napięciem na liniach przesyłowych.	94
	Doświadczenia i problemy przy pracach pod napięciem w przepisach odnośnie zdrowia i bezpieczeństwa.	102
	Współczynniki wypadkowości w pracach pod napięciem.	119
	Wzory protokołów do medycznej oceny zdrowia pracowników pracujących pod napięciem oraz na wysokości.	121
	Nadzór nad pracami przy wysokich napięciach.	130
	Rozwój oraz wdrożenie europejskich norm bezpieczeństwa do prac pod napięciem w hiszpańskim sektorze energetycznym.	132
	Grupa ds. prac pod napięciem ISSA, rozwój kryteriów kompetencji pracowników.	137
	Bezpieczeństwo oraz osiągnięty postęp w pracach pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych.	168
	Ochrona przed upadkiem na liniach przesyłowych.	172
	Odchylenia od normalnych standardów (DNS) wdrożonych przez przedsiębiorstwa energetyczne w odniesieniu do czynności eksploatacyjnych – możliwe argumenty poprawy utrzymania urządzeń pod napięciem w TRANSELECTRICA.	176
	Ogólne wytyczne dla bezpiecznego wykonywania prac pod napięciem.	202

Szkolenie	Rozwój i utrzymanie ważnych umiejętności przy pracach pod napięciem.	4
	Kwalifikacje do prac pod napięciem w przedsiębiorstwach portugalskich.	39
	Od projektu do wdrożenia certyfikatów dla dziedziny prac pod napięciem.	109
	Znaczenie szkolenia brygad do prac pod napięciem.	128
	Technologie multimedialne oraz rzeczywistość wirtualna jako nowoczesne technologie szkolenia personelu do prac pod napięciem.	175
	Minimalne wymagania dla osób zajmujących się problematyką prac pod napięciem.	179
Ekonomika prac	Ekonomiczne oraz organizacyjne warunki prac pod napięciem w przedsiębiorstwie Édász.	8
	PPN-owska metoda pracy bardziej bezpieczna, mniej kosztowna, bardziej skuteczna i przyjemniejsza – doświadczenia hiszpańskie.	31
	Efektywność prac pod napięciem – metodologia obliczeń oraz wyniki.	92
	Opracowanie porównawcze kosztów działań w pracach po napięciem.	149
	Ekonomiczny i strategiczny wpływ zastosowania robotyki do utrzymania pod napięciem napowietrznych linii przesyłowych.	171
	Prace pod napięciem – efektywność ekonomiczna drogą do redukcji kosztów oraz podniesienia dostępności linii przesyłowych dla C.N.T.E.E TRANSELECTRICA S.A.	201
Jakość usług	Metodyka planowanych przestojów na sieci przesyłowej.	34
	Prace pod napięciem, kombinacja trzech metod pracy w sektorze usług serwisowych w GDF.	36
	Podwyższenie jakości dzięki wdrożeniu ISO 9000 dla wykonywanych prac pod napięciem w MECI.	38
	Podniesienie jakości pracy służb energetycznych poprzez zastosowanie prac pod napięciem.	43
	Prace pod napięciem z perspektywy przedsiębiorstwa wykonującego prace.	91
	Prace pod napięciem w kontekście strategicznego sojuszu pomiędzy przedsiębiorstwami EDP i IBERDOLA.	95
	Prowadzenie eksperymentów pod napięciem.	96
	Prace pod napięciem jako usługa poprawy jakości zasilania.	122
	SKY II – nowy system zarządzania i przechowywania informacji	126
	Zasługa technik prac pod napięciem we wdrożeniu warunków poprawiających ochronę środowiska.	157
	Wdrożenie metodyki gromadzenia danych o infrastrukturze elektroenergetycznej.	174
	Połączenie mechanizmów kontrolnych z gromadzeniem danych (SCADA) o systemie elektroenergetycznym.	186

Grupa tematyczna	Tematyka referatu	Pozycja literatury
PPN w różnych krajach		
PPN w krajach europejskich	Prace pod napięciem na urządzeniach wysokich napięć na Węgrzech.	1
	Rozwój prac pod napięciem w sieciach elektroenergetycznych w Polsce.	3
	Prace pod napięciem w hiszpańskiej RED ELECTRICA.	5
	Prace pod napięciem w hiszpańskim przedsiębiorstwie COBRA.	9
	Prace na czynnych liniach w HYDRO – QUEBEC.	18
	Audyty brygad prac pod napięciem w Hiszpanii.	33
	Geneza prac pod napięciem w Belgii.	37
	Historia prac pod napięciem na portugalskiej sieci wysokiego napięcia.	67
	Działalność w pracach pod napięciem w RED ELECTRICA w Hiszpanii.	68
	Początek prac pod napięciem w Niemczech na napięciu 1 kV i wyższym.	135

Z innych dotychczasowych zestawień literatury dotyczącej techniki prac pod napięciem warto wymienić następujące publikacje:

1. Irresberger G: Technika prac pod napięciem – odzwierciedlenie w literaturze techniczno-naukowej. Przegląd literatury 1910 – 1970 (w porządku chronologicznym) zawierający 377 pozycji. *Bull. SEV* 63 (1972) 16, 5 August 1972
2. Dudek B.: Stan techniki prac pod napięciem w kraju i na świecie. Wykaz z lat 1970 – 1983 zawierający 113 publikacji. *Energetyka* 1983, nr 9

3. Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Sesja 7. Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych zawierający (20 wykładów *Akademii Energetyki*). *Energetyka* 2005, nr 11 – *Energetyka* 2007, nr 12 (łącznie 359 pozycji literatury)



Wykaz referatów dotyczących sieci przesyłowej wygłaszanych na konferencjach ICOLIM w latach 1992–2006¹⁾

ICOLIM 1992

- 1) Csikós B.: High voltage live line maintenance in Hungary. Prace pod napięciem na urządzeniach wysokich napięć na Węgrzech
- 2) Lalot J.: Answers to problems arising in live working operations in distribution and transmission systems. Odpowiedź na narastające problemy podczas wykonywania prac pod napięciem na urządzeniach przesyłowych i dystrybucyjnych
- 3) Dudek B., Masłyk E., Wiśniewski W., Wójcik M.: Développement des travaux sous tension sur les réseaux électriques en Pologne. Rozwój prac pod napięciem w sieciach elektroenergetycznych w Polsce
- 4) Wiebe E. C.: Developing and maintaining critical skills for live line work. Rozwój i utrzymanie ważnych umiejętności przy pracach pod napięciem
- 5) Portillo M., Fernandez L., Garcia R.: Live working in RED ELECTRICA de ESPANA. Prace pod napięciem w hiszpańskiej RED ELECTRICA
- 6) de Parny R.: Airborne works live line Works. Prace pod napięciem z powietrza (np. ze śmigłowca, podnośnika)
- 7) Polevoy S., Bazoulin A., Boiev A.: Determination of minimum air gaps to live parts during live replacing of insulators strings on 220 – 750 kV overhead lines. Określenie minimalnych odstępów powietrznych przy pracach pod napięciem podczas wymiany łańcuchów izolatorów na liniach napowietrznych 220 – 750 kV
- 8) Balázs J.: Economical and organizational conditions of the live line working at the Édász company. Ekonomiczne oraz organizacyjne warunki prac pod napięciem w przedsiębiorstwie Édász
- 9) Fernández M. A.: Live line works in COBRA (Spain). Prace pod napięciem w hiszpańskim przedsiębiorstwie COBRA
- 10) Senges A., Samson C.: Live working in substations from 63 to 400 kV. Prace pod napięciem na stacjach elektroenergetycznych od 63 do 400 kV
- 11) Beran J.: Live line maintenance working on phase-to-phase arrangements of 400 kV networks. Przygotowania do prac pod napięciem na przewodach fazowych linii 400 kV
- 12) Dudek B., Wiśniewski W.: Recherches en Pologne des effets des champs électromagnétiques sur l'environnement. Badania oddziaływania pól elektromagnetycznych na otoczenie prowadzone w Polsce

- 13) Sklenicka V.: Hot line insulator washing. Mycie izolatorów pod napięciem
- 14) Mohàcsi G.: Live line insulation diagnostics with portable partial discharge equipment. Diagnostyka izolacji aparatem wykorzystującym częściowe wyładowania, praca wykonywana pod napięciem
- 15) Korobanov S., Plotnikov V.: Washing of fouled outward insulation of live power installations. Mycie uszkodzonych zewnętrznie instalacji wysokonapięciowych
- 16) Polevoy S., Barg I.: Lineman's safety degree of line working on suspension towers 220 – 1150 kV overhead lines. Stopień bezpieczeństwa monterów podczas prac pod napięciem na słupach linii od 220 do 1150 kV
- 17) Rubtsova N. B., Stoljarov M.D., Tokarskiy A. J.: Investigations of human exposure by occupational factors under AC and DC transmission line barehand maintenance. Badania choroby zawodowej pracowników pracujących pod napięciem metodą na potencjale na liniach prądu stałego i przemiennego
- 18) Bellerive J. P.: Energized line work on HYDRO-QUEBEC lines. Prace na czynnych liniach w HYDRO-QUEBEC

ICOLIM 1994

- 19) Mathieu J., Lejeune M.: Dispositions constructives des postes 150 kV et les travaux sous tension. Nouvelle architecture des postes 150 kV en Belgique, tenant compte de la possibilité d'exécuter des travaux sous tension. Urządzenia stacji 150 kV w Belgii, umożliwiające wykonywanie prac pod napięciem
- 20) Bonzano R., D'Ajello L., Ricca M.: Travaux sous tension sur les lignes aériennes compactes à haute tension. Prace pod napięciem na kompaktowych liniach napowietrznych wysokiego napięcia
- 21) Dudek B., Kamiński W., Wiśniewski W.: Exploitation sous tension des lignes polonaises 220, 400 et 750 kV. Eksploatacja polskich linii 220, 400 i 750 kV pod napięciem
- 22) Mc Gibney T., Wasson R.: Développement des travaux sous tension en Irlande. Rozwój prac pod napięciem w Irlandii
- 23) Tuduri L., A.: Travaux sous tension dans les postes. Prace pod napięciem na stacjach
- 24) Roux G., Alfonso A.: Pose d'un jeu de barres 400 kV sous tension. Montaż oszynowania 400 kV pod napięciem
- 25) Alcon J., Portillo M., Fernández L. J., Garcia R.: Travaux par hélicoptères à RED ELECTRICA. Usługi śmigłowcowe w hiszpańskim RED ELECTRICA

¹⁾ Wyboru referatów dokonał Bogumił Dudek, a tłumaczenia ich tytułów Krzysztof Frymer.

- 26) Montialoux A.: Services hélicoptérés – Travaux sous tension. Usługi śmigłowcowe – prace pod napięciem
- 27) Bonzano R., Giorgi A., Ricca M.: Travaux sous tension sur des lignes à 380 kV de l' ENEL. Prace pod napięciem na liniach 380 kV w ENEL
- 28) Klumpers J. W., Lalot J.: Bases conceptuelles de la réglementation de l'isolement et des distances requises les Travaux sous Tension en Europe. Podstawy koncepcji określania stanu izolacji i odległości wymaganych przy pracach pod napięciem w Europie
- 29) Urban M.: Calcul des distances minimales d'air basées sur les lois physiques lors des travaux sous tension dans les réseaux à haute tension. Obliczenie minimalnych odległości w powietrzu na podstawie praw fizyki dla prac pod napięciem w sieciach wysokiego napięcia
- 30) Paret J. P.: La formation des personnels aux travaux sous tension. Szkolenie personelu do prac pod napięciem
- 31) Igliesias L. G.: Les travaux sous tension – nouveau mode de travail plus sûr, moins cher, plus efficace et plus agreeable: experiences espagnoles. PPN-owska metoda pracy bardziej bezpieczna, mniej kosztowna, bardziej skuteczna i przyjemniejsza – doświadczenia hiszpańskie
- 32) Lebrun J. C., Corbut J. P.: La prévention dans le domaine du risque électrique à EDF. Profilaktyka w dziedzinie ryzyka elektrycznego w EDF
- 33) Herranz A. P.: Audits des équipes de travaux sous tension en Espagne. Audyty brygad prac pod napięciem w Hiszpanii
- 34) Kiener A.: Methods of planned outages in the transmission network. Metodyka planowanych przestołów na sieci przesyłowej
- 35) Delince J. M., Delhove B., Cossement M.: Substation live working in Belgium. Prace pod napięciem na stacjach elektroenergetycznych w Belgii
- 36) Blondel G.: Live working – combination of three methods assessment at – GDF services in 1994. Prace pod napięciem, kombinacja trzech metod pracy w sektorze usług serwisowych w GDF
- 37) Mainil P.: Live working it's genesis in Belgium. Geneza prac pod napięciem w Belgii
- 38) Casal A., Gueirrero F., Quaresma F., Caineta J.: Improving quality at MECI, using standards ISO 9000 applied to live working. Podwyższenie jakości dzięki wdrożeniu ISO 9000 dla wykonywanych prac pod napięciem w MECI
- 39) Gaspar J. A., Marques M.: Qualification of live working companies in Portugal. Kwalifikacje do prac pod napięciem w przedsiębiorstwach portugalskich
- 40) Desmet R., Duvauchelle H., Picart L.: AFAQ ISO 9002 certification: a mean for continuous improvement in HVB/LW. Cert. AFAQ ISO 9002: znaczenie dla ciągłego postępu PPN
- 41) Paret J. P.: Le management de la prévention dans les TST en France. Zagadnienie bezpieczeństwa pracy w technice PPN we Francji
- 42) Shannon D. R.: Corrosion assessment of conductors under live line and off line conditions. Ocena korozji przewodów w warunkach załączonego i wyłączonego napięcia
- 43) Guizzo G., Malaguti C., Mosciarti M., Sartore L.: Use of live working to improve the quality of electric service. Podniesienie jakości pracy służb energetycznych poprzez zastosowanie prac pod napięciem
- 44) Bonzano R., Michi L., Sabelli C.: Substation control system improvement for special working conditions related to live line maintenance operation. Przystosowanie systemu kontrolnego na stacjach do warunków pracy odpowiadającym czynnościom utrzymania pod napięciem
- 45) Marrone G., Garbagnati E., Ricca M., Bonzano R., Sartorio G.: HV insulator strings with damaged units. Conditions for the application of live line maintenance. Wysokonapięciowe łańcuchy izolatorowe z uszkodzonymi kołpakami. Warunki zastosowania prac pod napięciem
- 46) Lalot J.: Feed back on internal insulation of poles for live working. Informacja zwrotna przy pracach pod napięciem o wewnętrznym stanie izolacji długopniowej na słupach
- 47) Gela G., Kientz H., Gillies D.A., Mitchell J.D. Jr., Lyons P.F.: Application of portable protective gaps in live work. Zastosowanie przenośnych iskierników ochronnych w pracach pod napięciem
- 48) Garbagnati E., Marrone G., Ardito A., Sartorio G.: Clearances split by conductive bodies at floating potential. The reductions of dielectric withstand and their compensation. Montaż odstępników przez monterów w ubraniach przewodzących będących na potencjale niestabilnym. Określenie wytrzymałości dielektrycznej oraz jej kompensacja
- 49) Fernández M.A., Portillo M., Val F.: First live working carried out Spain on tubular pole lines of 400 kV. Pierwsze prace pod napięciem w Hiszpanii na linii 400 kV osadzonej na słupach rurowych
- 50) Bonzano R., Ricca M., Scornajenchi F.: Live maintenance on ENEL electric lines: 380 kV dead-end tower insulator strings. Prace pod napięciem w ENEL na liniach 380 kV: łańcuchy izolatorów na słupach krańcowych, mocnych
- 51) D' Ajello L., Giorgio A., Stanzani G.: Considerations on issues concerning work on live overhead electric power lines. Rozważanie problemów dotyczących prac pod napięciem na napowietrznych liniach elektroenergetycznych
- 52) Gela G., Hotte P.W., Mitchell J.D. Jr., Lyons P.F.: Resistance and shielding characteristics of conductive suits. Rezystancja oraz charakterystyka ekranowania ubrań przewodzących
- 53) Castro A.F.: Evaluation of conductive clothing in live maintenance. Ocena ubrań przewodzących do prac pod napięciem
- 54) Bonzano R., de Donà G., Paganin G., Ricca M., Zoppo S.: Tool analysis and identification for live working on ENEL electrical line. Analiza i dobór narzędzi do prac pod napięciem na liniach napowietrznych w ENEL

ICOLIM 1996

- 41) Paret J. P.: Le management de la prévention dans les TST en France. Zagadnienie bezpieczeństwa pracy w technice PPN we Francji

- 55) Ciantelli M., Pelacchi P.: Working procedures of an hot line insulator washing device operating at reduced distance from surface insulator. Procedury pozwalające na zmniejszenie odległości przy pracach pod napięciem podczas mycia izolatorów liniowych
- 56) Portillo M., Fernández L., Garcia R., J. Alcón I.: New insulator washing methods for energized lines. Nowa metoda mycia izolatorów liniowych
- 57) Morsero S., Col P., Morsero E.: Automatic system for placing signalling balls on live electrical lines. Automatyczny system zakładania kul sygnalizacyjnych na czynnych liniach napowietrznych
- 58) Ruaux Ph.: Mechanisation of the installation of aircraft warning spheres on overhead lines. Zmechanizowany proces w instalacji kul ostrzegawczych na napowietrznych liniach przesyłowych
- 59) M^cLean J. A.: Live line working – The United Kingdom experience from the safety regulator viewpoint. Prace pod napięciem – brytyjskie doświadczenia z punktu widzenia instrukcji bezpieczeństwa pracy
- 60) Tatár D.: Legal background of live line working in Hungary. Podstawy prawne prac pod napięciem na Węgrzech
- 61) Conti R., Nicolini P., D'Ajello L., Ricca M., Vecchia P.: Live line maintenance works – Characterization of human exposure to 50 Hz electric and magnetic fields in view of a correct formulation of occupational protective standards. Prace pod napięciem – charakterystyka ekspozycji człowieka na działanie pól elektrycznego i magnetycznego częstotliwości 50 Hz z punktu widzenia norm
- 62) Dąbrowski J., Dudek B., Andruszkiewicz J.: Development prospect of live line works in Poland on the electric power equipment. Postęp w rozwoju narzędzi do prac pod napięciem na liniach przesyłowych w Polsce
- 63) Gela G., Charest M.: IEC/TC 78: Historical overview, new structure, and programme of work. IEC/KT 78 Przegląd historyczny, nowe struktury i program prac
- 64) Herranz A.P.: Les Travaux sous Tension en Espagne et la Directive Cadre (89/391/CEE). Prace pod napięciem w Hiszpanii a Dyrektywa ramowa (89/391/CEE)
- 65) Udod E. I., Moltchanov V. N., Taloverya V. L., Brjesitsky B. A.: Improvement of overvoltage limitation during live line working. Ulepszenie ograniczania przepięć podczas stosowania prac pod napięciem
- 66) Udod E. I., Taloverya V. L.: Live line working in spans of extra voltage power transmissions lines. Prace pod napięciem na przęsłach linii przesyłowych bardzo wysokich napięc
- 69) Van Merris X., Paquin J., Debackere A., Cossement M.: First result of live working realized in Belgium in high voltage substations. Pierwsze rezultaty prac pod napięciem na stacjach wysokiego napięcia w Belgii
- 70) Sartorio G., Bonzano R., Porrino A.: Dielectric behaviour to switching surges of phase-to-phase air distances in splitting conditions. Badanie nad zachowaniem się przerw izolacyjnych w warunkach przepięć łączeniowych między fazami
- 71) Sartorio G., Iulita M., Porrino A.: Experimental investigation to assess the approach procedure for live maintenance on a typical station configuration. Eksperymentalne badanie oceny dostępności procedur prac pod napięciem dla typowych konfiguracji stacji
- 72) Gela G., Hotte P.W., Charest M.: IEC method of calculation of minimum approach distance for live working. Metoda obliczania minimalnej odległości zbliżenia do prac pod napięciem wg standardów IEC
- 73) Gela G., Clairmont B.A.: Transmission line compaction and upgrading: live working issues. Zwiększenie wydajności linii przesyłowych: wytyczne prac pod napięciem
- 74) Lalot J., Riquel G.: Internal insulation of live working tools. Wewnętrzna izolacja narzędzi do prac pod napięciem
- 75) Herranz A. P., Bellinchón P. M.: Safety distance for live working on energized electrical installations. Bezpieczna odległości przy pracach pod napięciem
- 76) Barros M., Festas J., Milheiras H., Felizardo N., Fernandes M., Sousa J.: Methodologies for evaluating the lighting performance of transmission lines. Metoda określania i oceny skutków wyładowań atmosferycznych na liniach przesyłowych
- 77) Barros M., Almeida M.E., De Dominicis A.: Ground electrode behavior for lightning discharges. Wytrzymałość elektrod uziemiających na wyładowania atmosferyczne
- 78) Da Costa J. A., De Faria A. N., Markiewicz R. L., Andrade A., Installation technique of zinc oxide (ZnO) surge arresters on transmission lines. Technika instalacji ograniczników przepięć na bazie tlenku cynku (ZnO) na linii przesyłowej
- 79) Cordeiro J., Recart F.: Live installations of OPGW cable. Instalacja przewodów OPGW na liniach pod napięciem
- 80) Gela G., Ostendorp M., Clairmont B.: Fiber optic installations in high voltage corridors: Overview of issues. Instalacja włókien światłowodowych na liniach przesyłowych. Przegląd zagadnień
- 81) Valente S.: Solutions to pollution problems that affect electrical installations. Project of demineralised water, cork and dry ice. Rozwiązanie problemu zabrudzeń urządzeń elektrycznych. Projekt użycia zdemineralizowanej wody, korka i suchego lodu
- 82) Jaensch G., Hoffman H., Markees A.: Corona measurement for the detection of defect locations in high voltage overhead lines. Pomiar „korony” w celu wykrycia lokalnych uszkodzeń na napowietrznych liniach przesyłowych
- 83) Chabin S.: Checking of insulating tools: for an economy of the maintenance. Kontrola narzędzi izolacyjnych w celu ekonomicznego utrzymania urządzeń

ICOLIM 1998

- 67) Lourenço A.: A brief history of live work in the Portuguese HV network. Historia prac pod napięciem na portugalskiej sieci wysokiego napięcia
- 68) Portillo M., Fernández L. J., Andrés A.: Field experience in live working at RED ELECTRICA de ESPAÑA. Działalność w pracach pod napięciem w RED ELECTRICA w Hiszpanii

- 84) Dąbrowski J., Dudek B.: Identification des dangers et analyse du risqué lors de travaux effectués sous tension. Identyfikacja zagrożeń i ocena ryzyka podczas prac wykonywanych pod napięciem
- 85) Lalot J., Human exposure to electromagnetic fields and regulatory trends: from the pressure group's reactions to the interests of live working. Trendy w przepisach ekspozycji monterów na działanie pola elektromagnetycznego: od uwzględnienia reakcji ludzi do wymagań prac pod napięciem
- 86) Conti R., D'Ajello L.: Assessment if human exposure to 50 Hz electric and magnetic fields under live line working conditions. Ocena narażenia człowieka na działanie pól elektromagnetycznych w warunkach prac pod napięciem
- 87) Devingt E., Larnicol V.: The European robotic live line work experience. Europejskie doświadczenia w robotyzacji prac pod napięciem
- 88) Assad L. A. X., Braga A. E., Development of new technology to access the energized phase by walking along the strain string on 500 kV transmission lines and substations. Rozwój nowych technologii dostępu do przewodów fazowych, przemieszczanie się po tańcach izolatorów linii i stacji 500 kV
- 89) Udod E., Molchanov V., Taloverya V., Ivanov N., Dyakov V., Rubanenko A., Gela G.: Automated apparatus for live work on overhead transmission lines. Automatyczne aparaty do prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych
- 90) Picart L.: EDF/SERECT's ISO 9002 certification for greater quality therefore security in live working. Certyfikaty ISO 9002 dla EDF/SECRET's do lepszej ochrony w pracach pod napięciem
- 91) Costa J. R.: Live line working from the perspective of a contracting company. Prace pod napięciem z perspektywy przedsiębiorstwa wykonującego prace
- 92) Urtubi J. M.: Live working profitability – methodology and result. Efektywność prac pod napięciem – metodologia obliczeń oraz wyniki
- 93) McLean J. A.: High voltage live line working: the view of the regulator for safety on progress in the United Kingdom. Prace pod napięciem na liniach wysokiego napięcia: punkt widzenia przepisów na rozwój bezpieczeństwa w Wielkiej Brytanii
- 94) Salcines L. F. San R.: A project for eliminating accidents and preventing incidents in high voltage live working activities. Projekt do wyeliminowania wypadków oraz przeciwdziałania powstaniu niebezpiecznych zdarzeń w pracach pod napięciem na liniach przesyłowych
- 95) Gaspar Ascenção J. A., Marzo V. T.: The live work activity in the context of an strategic alliance between EDP and IBERDOLA. Prace pod napięciem w kontekście strategicznego sojuszu pomiędzy przedsiębiorstwami EDP i IBERDOLA
- 96) De Dona G.: Experiments in live working. Prowadzenie eksperymentów pod napięciem
- 97) Perifian Z. P. J., Algarrada F. M.: Analysis of live cleaning of substations with outdoor plant using pressure water jet. Analiza wykorzystania strumienia wody pod ciśnieniem do czyszczenia stacji wewnętrznych pod napięciem
- 98) Algarrada F. Muñoz P. Perifian Z. P. J.: Negative aspects of installing a bridge – bypass to disconnect a high – frequency coil. Negatywne aspekty instalacji boczników do odłączania dławików wysokich częstotliwości
- 99) Fernández L. J., Muñoz J. M., Andrés A.: Electric field measurement on composite insulators using live working techniques. Pomiar rozkładu pola elektrycznego na izolatorach kompozytowych wykorzystując techniki prac pod napięciem
- 100) Engelmann E., Herzberg C.: New shielding protective equipment for live working. Nowe ubiory i sprzęt ochronny do prac pod napięciem
- 101) Engelmann E., Kindersberger J.: Magnetic field stress during live working in high voltage transmission lines. Oddziaływanie pola magnetycznego podczas prac pod napięciem na liniach przesyłowych wysokiego napięcia
- 102) M^oLean J. A. Experiences and concerns about live maintenance by a regulator for health and safety. Doświadczenia i problemy przy pracach pod napięciem w przepisach odnośnie zdrowia i bezpieczeństwa
- 103) Lockhart G., Peña F.: New used methodologies for works with tension on lines of 500 kV. Nowe metody prac pod napięciem stosowane na liniach 500 kV
- 104) Lombardet D., Blanchard G.: Optic fibre installation on energized networks. Instalacja włókien światłowodowych na czynnych liniach
- 105) Lalot J., Hantouche C., Baraton P., Fortin F.: Conductive clothing for live working and protection against the electrical field. Odzież przewodząca do prac pod napięciem chroniąca przed polem elektrycznym
- 106) Neira L. L.: Replacement of voltage – charged insulators in 500 kV – line deadend towers. Wymiana odciągowych tańców izolatorów na słupach mocnych linii 500 kV
- 107) Mendes R. R. P., Braga A. E., Braga M. L.: Transmission line conductor cable replacement using the live line technique. Wymiana przewodów linii przesyłowych wykorzystując techniki prac pod napięciem
- 108) Mendes R. R. P., Braga A. E., Braga M. L.: M Live line device for substation equipment energization, at a distance. Sprzęt do prac pod napięciem prowadzonych z odległości na stacjach elektroenergetycznych
- 109) Picart L., Pautrat M.C., Claudepierre D.: Certification of the live working sector from design to implementation. Od projektu do wdrożenia certyfikatów dla dziedziny prac pod napięciem
- 110) Planas J., Valls A.: Installation of composite optical ground wires on energized high voltage overhead lines. Instalacja przewodów OPGW na czynnych liniach napowietrznych wysokich napięć

ICOLIM 2000

- 111) Gela G., Mitchel D.: Assessing the electrical and mechanical integrity of composite insulators prior to live working. Mechaniczna i elektryczna ocena stanu izolatorów kompozytowych przed zastosowaniem prac pod napięciem
- 112) Gela G., Keintz H.: Further comparison of the IEC and IEEE methods of calculation of minimum approach distance. Kolejne porównanie metod, kalkulacji minimalnej odległości zbliżenia wg IEC oraz IEEE
- 113) Gela G., Ferraro R., Verdecchio T.: Live re-stringing of 138 kV lines. Ponowne wciągnięcie przewodów linii 138 kV pod napięciem
- 114) IEC TC 78 Live working – structure, strategy and program of work. IEC TC 78 prace pod napięciem – struktura, strategia oraz program prac
- 115) Örmin J., Vidberg P.: ROBHOT hotline inspection and testing of joint. ROBHOT, pojazd do inspekcji i oceny stanu złączek na czynnych liniach
- 116) Eustáquio Braga A., Da Veiga D., Da Silva Moreira I.: Upgrading and refurbishment of an energized transmission line. Podwyższenie poziomu napięcia oraz modernizacja czynnych linii przesyłowych
- 117) González L. J. F., Martínez Á. A.: Field experience in live working at Red Eléctrica using a helicopter-mounted fixed platform. Praktyczne doświadczenia w wykorzystaniu śmigłowców z platformami do prac pod napięciem w hiszpańskiej RED ELECTRICA
- 118) Solano J. B., Lecumberri C. L.: Measurements of electromagnetic fields in various high voltage works. Pomiar pola elektrycznego wysokiego napięcia dla różnych prac
- 119) Moreno A., Viadas D. J.: Accident rate in voltage works. Współczynniki wypadkowości w pracach pod napięciem
- 120) Fernández M. A., Visser C. R., Belinchón M. P.: Travaux de déroulage et installation de câble á proximité de tension. Induction électrostatique et électromagnétique. Normes spécifique de sécurité. Prace przy rozwijaniu i montażu przewodów w pobliżu napięcia. Indukcja elektryczna i elektromagnetyczna
- 121) Escandón F. G., González A. F.: Protocols for the medical surveillance of worker's health for live maintenance and for work in altitude. Wzory protokołów do medycznej oceny zdrowia pracowników pracujących pod napięciem oraz na wysokości
- 122) Fernández E. O., Garcia F. J. L., Parra J. O.: Les travaux sous tension au service de la qualité de la fourniture. Prace pod napięciem jako usługa poprawy jakości zasilania
- 123) De Buruaga Molina J. S.: The application of heli-borne dual systems to the inspection of overhead power lines. Zastosowanie podwójnych systemów do inspekcji linii przesyłowych z powietrza
- 124) De Buruaga Molina J. S.: Continuous on-line monitoring of substations. Stały monitoring on-line stacji elektroenergetycznych
- 125) Montero C. L., Oliveros C. S.: Safety distance for working on electrical installations. Bezpieczne odległości dla prac na instalacjach elektrycznych
- 126) Gayè F. B.: Sky II – the new maintenance information & management system. SKY II – nowy system zarządzania i przechowywania informacji
- 127) Belinchón M. P., Solès J. R., Camino J. J. G.: Contribution of live working techniques to the improvement of environmental conditions. Protection of bird wildlife. Zastęga technik prac pod napięciem we wdrożeniu warunków poprawiających ochronę środowiska
- 128) Becerra M. J. G.: The importance of training line voltage work brigades. Znaczenie szkolenia brygad do prac pod napięciem
- 129) Barraza M. M., Naito K., Mizuno Y.: Report of joint research on power frequency electric and magnetic fields measurement in Mexico. Raport z wspólnych badań pola elektrycznego i magnetycznego o częstotliwości przemysłowej w Meksyku
- 130) Alocan J. M.: Supervision in high voltage work's. Nadzór nad pracami przy wysokich napięciach
- 131) Campoy P., Barrientos A., Garcia P. J., Del Cerro J., Aguirre I., Fernández R.G., Muñoz J. M.: An autonomous helicopter guided by computer vision for visual inspection of overhead power cable. Śmigłowiec zdalnie sterowany komputerem do wizualnej inspekcji napowietrznych linii przesyłowych

ICOLIM 2002

- 132) Herranz A. P., Belinchón M. P.: Development and application of the safety European normative to live working in the Spanish electrical sector. Rozwój oraz wdrożenie europejskich norm bezpieczeństwa do prac pod napięciem w hiszpańskim sektorze energetycznym
- 133) Iulita M.: Development of standards and regulations for electrical live working in Italy. Rozwój norm i przepisów do prac pod napięciem we Włoszech
- 134) Gal S., Balaşiu F., Olteanu M., Tulici N., Jurca L., Sevastre I.: The experience of the national company CN Transelectrica SA St Sibiu in live maintaining of overhead electric lines and future development. Doświadczenia oraz przyszły rozwój prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych w CN Transelectrica SA
- 135) Kupfer J., Rank H.: Beginnings of live working at voltages above 1 kV AC in Germany. Początek prac pod napięciem w Niemczech na napięciu 1 kV i wyższym
- 136) Hennemdorf J.: AuS als Serviceangebot für Hochspannungsfreileitungen. Naprawy, konserwacja czynnych napowietrznych linii wysokiego napięcia – prace pod napięciem jako oferta serwisu publicznego
- 137) McLean J. A.: ISSA live working group, development of criteria for assessing the competence of workers. Grupa ds. prac pod napięciem ISSA, rozwój kryteriów kompetencji pracowników

- 138) Hernández C. R., Pizarro M. G.: Live maintenance in Peru. Prace pod napięciem w Peru
- 139) Montambault S.: HQ Line ROVer: a remotely operated vehicle for live line work on overhead transmission line. HQ Line ROVer: zdalnie sterowany pojazd do prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych
- 140) Fernández L. J., Fernández R. G., Tosca N., Arqués R.: Hot line works with helicopter, tools and equipments. Helikopter w pracach pod napięciem, sprzęt i narzędzia
- 141) Pröschild U.: Reparaturen an Leitern von Hochspannungsfreileitungen mit Hilfe eines Hubschraubers und dem Human External Cargo System. Naprawa napowietrznych linii przesyłowych z wykorzystaniem do tego celu śmigłowca
- 142) Guillo C.: Live line barehands working using aerial device with insulating boom & live line insulator washing using remote controlled gun on aerial device. Prace pod napięciem, metoda prac na potencjale z wykorzystaniem podnośników izolacyjnych, mycie izolatorów pod napięciem wykorzystując zdalnie sterowaną prądownicę na podnośniku
- 143) Gela G., Ferraro R., Verdecchio T.: Portable protective air gaps. Przenośne iskierniki ochronne
- 144) Gal S., Balasiu F., Matea C., Tulici N., Jurca L., Munteanu C.: Recent experience and future plans with composite insulators on the transmission system of CN TRANSELECTRICA SA – St Sibiu. Ostatnie doświadczenia oraz przyszłe plany związane z użyciem izolatorów kompozytowych na napowietrznych liniach przesyłowych w CN TRANSELECTRICA SA – St Sibiu
- 145) Garcia D. E., Kuchciak C., Neveleff R., Alessi B.: OPGW type fibre cable optic stringing with live line. Montaż przewodów typu OPGW na czynnej linii
- 146) Fernández L. J., Fernández R. G., Fernández M. A., Visser C. R.: Working method for live line optic fibre stringing. Metody prac pod napięciem do wciągania przewodów typu OPGW
- 147) De Donà G., Nigris M., Valagussa C.: Insulating ropes for live lines works. Laboratory tests for assessing their conditions and for determining the selection criteria as a function of the application. Liny izolacyjne do prac pod napięciem. Testy laboratoryjne do oceny ich właściwości oraz określenia kryteriów selekcji jako funkcji ich zastosowania
- 148) Vincent C., Bourdages M., Nguyen D. H., Boissonneault R., Lapierre S., Hammel M.: Properties of conductive material (fabric) under AC and DC conditions. Właściwości materiałów przewodzących w warunkach prac pod napięciem stałego i przemiennego
- 149) Perifán P. Z., Amezcua M. M.: Comparative study of the costs in live working activities. Opracowanie porównawcze kosztów działań w pracach pod napięciem
- 150) Belinchón M. P., Herranz A. P.: The role of live working procedures in the improvement of power transmission system availability in Spain. Rola procedur w pracach pod napięciem w poprawieniu dostępności do systemu przesyłowego w Hiszpanii
- 151) Pierce A. D.: Management of live working. Zarządzanie pracami pod napięciem
- 152) Mougnet J. F.: From risk analysis to live working techniques. Od analizy ryzyka do techniki prac pod napięciem
- 153) Pohlmann K., Dörnemann C.: Aspekte der elektrischen Beeinflussung bei der Verlegung von Leiterseilen in der Nähe von in Betrieb befindlichen Freileitungen. Aspekty elektrycznego oddziaływania czynnej linii wysokiego napięcia biegnącej w pobliżu, zakładane przewody
- 154) Klunsmann N.: Gärtnerische Pflegearbeiten in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten. Utrzymanie terenu czynnych stacji elektroenergetycznych
- 155) Lalot J., De Donà G.: Approche européenne de la definition des zones de travail sur ou à proximité des installations électriques. Europejskie przybliżenie definicji stref pracy na i w pobliżu czynnych instalacji elektrycznych
- 156) Hoffmann R.: Verringerte Schutzabstände bei Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungen mit $U_N \geq 110$ kV. Zmniejszanie bezpiecznych odległości podczas prac antykorozyjnych na napowietrznych liniach przesyłowych o napięciu 110 kV i wyższym
- 157) Braga M. L., Mendes R. R.: Electric power gas jumper. Bocznik gazowy do prac elektrycznych
- 158) Assad L. A. X., Martins M. D.: Mounting of by pass disconnect switches on energized 138 kV and 230 kV substation with barehand technique. Montaż bocznika odłączającego wyłącznik na czynnej stacji 138 kV oraz 230 kV techniką prac na potencjale
- 159) De Donà G.: Live working. Project of a device for the route on the spans of HV lines. Prace pod napięciem. Projekt urządzenia poruszającego się po przęsłach linii przesyłowych
- 160) Paganin G., Bosonetto D.: Work in hot spots in HV substations. Prace pod napięciem w miejscach szczególnie ważnych na stacjach elektroenergetycznych wysokich napięć
- 161) Garcia D. E., Kuchciak C., Neveleff R., Alessi B.: 500 kV lines re-sagging. Ponowne wyregulowanie zwisu linii 500 kV
- 162) Assad L. A. X., Rosa J. E.: Improvement in the 500 kV substations using barehand methods without outage of power flow in Brazil's North-South interconnection. Ulepszenie stacji 500 kV wykorzystując metodę prac na potencjale bez wyłączania urządzeń z ruchu na połączeniu międzynarodowym w Brazylii
- 163) Balawender A., Dudek B., Piechoczek E.: Helicopters services for power lines system in Poland. Usługi śmigłowcowe dla potrzeb systemu przesyłowego w Polsce

ICOLIM 2004

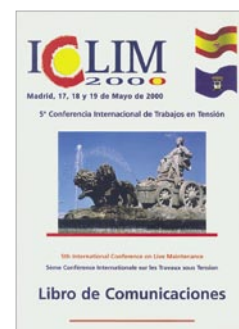
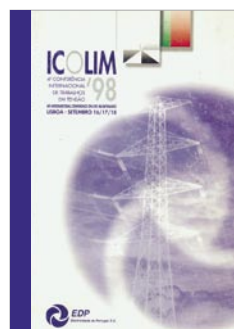
- 164) Schröder G.: Working under induced-voltage conditions when installing extra-high-voltage XLPE cable systems. Prace w warunkach indukowania się napięć przy instalacji kabli bardzo wysokich napięć XLPE
- 165) Neira L., Lockhart G., Curbelo C.: Substitution with tension and passage of current of a diverter switch of 500 kV, including insulators support.

- Wymiana wyłącznika prądowego 500 kV z wykorzystaniem drążków izolacyjnych
- 166) Iulita M., Bosonetto D.: A new device for supporting line-men during live working on conductor. Nowe urządzenia dla wsparcia monterów podczas prac pod napięciem na przewodach
- 167) Bowes K., Harward F., Gela G.: Re-establishing the live working program on 345 kV structures at northeast utilities. Nowe założenia dla programu prac pod napięciem na liniach 345 kV w północnych przedsiębiorstwach USA
- 168) Moreno L. F. F.: Safety and advances achieved for live line works in overhead transmission lines. Bezpieczeństwo oraz osiągnięty postęp w pracach pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych
- 169) Munteanu C., Sevastre I. : Technologie experimentale pour le changement sous tension des chaines d'isolateurs d'alignement multiples a une ligne électrique aeriene de 400 kV. Eksperymentalna technologia wymiany przelotowego wielorzędowego łańcucha izolatorów na napowietrznej linii 400 kV
- 170) Gal S., Fezi C., Vitner P.: Modern techniques of inspecting the transmission overhead lines. Nowoczesne techniki inspekcyjne napowietrznych linii przesyłowych
- 171) Montambault S., Pouliot N.: On the economic and strategic impact of robotics applied to transmission line maintenance. Ekonomiczny i strategiczny wpływ zastosowania robotyki do utrzymania pod napięciem napowietrznych linii przesyłowych
- 172) Martin J. P., Machado H.: Fall protection and rescue – transmission. Ochrona przed upadkiem na liniach przesyłowych
- 173) Niamsorn V., Petchsanthad K., Gela G.: Practical concept for live-line maintenance on EGAT's 500 kV compact line: application of portable protective air gaps. Praktyczna koncepcja utrzymania linii kompaktowej EGAT 500 kV pod napięciem, zastosowanie przenośnych iskierników ochronnych
- 174) Rodrigues P. J. F.: Data collection methodology applied to electrical infrastructures. Wdrożenie metodyki gromadzenia danych o infrastrukturze elektroenergetycznej
- 175) De Donà G., Grosso G., Lomonte G., Tomasella G.: Multimedia technologies and virtual reality for the training of "Persons involved in live working". Technologie multimedialne oraz rzeczywistość wirtualna jako nowoczesne technologie szkolenia personelu do prac pod napięciem
- 176) Ardelean I., Chiosa N., Vornic N., Zidaru N., Kilyeni Ş., Lupea F., Groza M.: Deviations from the normal scheme (DNS), imposed by the electric networks withdrawal from operation during maintenance – a possible argument in favor of maintenance on live installations (MLI) at TRANSELECTRICA. Odchylenia od normalnych standardów (DNS) wdrożonych przez przedsiębiorstwa energetyczne w odniesieniu do czynności eksploatacyjnych – możliwe argumenty poprawy utrzymania urządzeń pod napięciem w TRANSELECTRICA
- 177) Diafonu I., Chodom C., Gal S., Fagarasan T., Munteanu C.: The extension of live maintenance technologies applicable within the Romanian power transmission grid. Zwiększenie liczby odpowiednich technologii utrzymania sieci pod napięciem dla potrzeb rumuńskiego systemu elektroenergetycznego
- 178) Romascu G., Barbulescu C., Diafonu A. M., Tulici N., Jurca L.: Considerations on the impact of Romanian electricity sector restructuring on the maintenance organizing and the need to promote live works to OHL. Rozważania nad wdrożeniem w rumuńskim sektorze energetycznym reorganizacji oraz konieczności promocji prac pod napięciem na napowietrznych liniach przesyłowych
- 179) Adamus J., Diedrich M.: Minimum requirements for live working practitioners. Minimalne wymagania dla osób zajmujących się problematyką prac pod napięciem
- 180) Allen N.L.: Discharge development and sparkover in an air gap containing an object at floating potential. Rozwój wyładowań oraz przeskok iskry w przerwach powietrznych zawierających obiekt o pływającym potencjale
- 181) Titihăzan V., Buta A., Titihăzan M., Surianu F. D., Pană A., Chiosa N., Ardelean I., Pantazi N., Neşin D., Rus Gh., Tudor T.: Tests in high voltage laboratory about the insulating structure performances. Testy dotyczące wykonania struktur izolacyjnych w laboratorium wysokich napięć
- 182) Herranz A. P.: Safety distances for live working in Spain, based on the European standards. Bezpieczne odległości w pracach pod napięciem w Hiszpanii bazujące na europejskich normach
- 183) Bertolotto P., Šehovac M., Guazzetti P.: Gas insulated bushings with voltage monitoring device. Izolowane gazowe przepusty z urządzeniami mierzącymi i monitorującym napięcie
- 184) Marinescu A., Nedelcu D., Sacerdoţianu D., Pătru I., Purcaru I.: Equipment for HV capacitor-type bushings (DPD) monitoring. Sprzęt do monitorowania wysokonapięciowych przepustów gazowych (DPD)
- 185) De Donà G., Valagussa C.: Live working. A method of calculation of minimum approach distance. Comparison between new and old edition of IEC 61472 standard. Prace pod napięciem. Metodyka obliczeń minimalnej odległości zbliżenia. Porównanie starej i nowej edycji normy IEC 61472
- 186) Niculescu S.: Interconnection the supervisory control and data acquisition (SCADA) of power systems. Połączenie mechanizmów kontrolnych z gromadzeniem danych (SCADA) o systemie elektroenergetycznym
- 187) Florea G., Gal S., Mateescu E., Munteanu C., Tulici N., Jurca L.: Why not to use live-line techniques for ACSR conductor joints end of life prediction? Romanian theoretical assumptions, actual practices and future management are on this way! Dlaczego by nie stosować technik prac pod napięciem w przewidywaniu czasu eksploatacji połączeń przewodów ACSR? Rumuńskie rozważania teoretyczne, aktualne rozwiązania oraz przyszłe tendencje w tego typu działaniach

- 188) Munteanu C.: L' evaluation de l'etat des isolateurs composites sous tension par l' investigation nondestructive. Ocena stanu izolatorów kompozytowych metodą badań nieniszczących
- 189) Ungureanu M., Roman C.: Electromagnetic coupling phenomena of overhead power lines in low and high frequency. Zjawisko sprzężenia elektromagnetycznego w napowietrznych liniach przesyłowych na niskiej i wysokiej częstotliwości
- 190) Coatu S., Costea M., Rucinski D., Cristea V., Leonida T.: Measurement of radio interference voltages due to insulator sets and other line equipment. Pomiar zakłóceń radioelektrycznych wskutek uszkodzeń izolatorów i osprzętu liniowego
- 191) Bertolotto P., Ottoboni R.: Quality of energy: new capacitor voltage transformers for measurement of frequencies large band. Jakość energii: nowy przekładnik napięciowy do pomiaru szerokiego pasma częstotliwości
- 192) Dragan G., Florea G.: An analysis of calculation methods regarding the influence of corona impulse discharge on travelling process of voltage surges. Analiza metod obliczeniowych wpływu przebiegów na zjawiska korony
- 193) O'Flynn E., O'Connell M.: Live working and major network refurbishment in ESB networks. Prace pod napięciem oraz ważniejsze prace modernizacyjne w sieci ESB
- 194) Belinchón M. P., Fernández R.G., Martínez Á.A., Oliveros C.S.: Live working and Corporate Social Responsibility (CSR) in Red Eléctrica de España. Prace pod napięciem oraz odpowiedzialność społeczna zakładu w RED ELÉCTRICA
- 195) Riquel G., Dubail R.: Speed of Propagation of Internal Faults. Proces rozchodzenia się uszkodzeń wewnętrznych
- 196) Riquel G., Dubail R.: Operators in Electrical Gaps. Operacje w elektrycznych przerwach izolacyjnych
- 197) De Donà G., Rendina R., Pirovano G., Valagussa C.: Studies for the diagnostics of composite insulators. Rozważania na temat diagnostyki izolatorów kompozytowych
- 198) Gal S., Fagarasan T., Brewer H. S., Enachescu G.: Romanian field experience in live mounting of line arresters on EHV OHL. Rumuńskie doświadczenia w montażu odgromników na czynnych napowietrznych liniach przesyłowych
- 199) Krawulski A., Niejadlik T.: Live wire work on 400 kV and 220 kV OHL executed by Energa SA Concern, branch in Toruń. Prace pod napięciem na liniach napowietrznych 220 i 400 kV wykonane przez Koncern ENERGA SA, Oddział Toruń
- 200) Riberio N., Cordeiro J.: Uprate of 150 kV overhead line Palmela – Évora using Emergency Restoration System and Live Line techniques. Przeizolowanie linii napowietrznej 150 kV Palmela – Evora za pomocą systemu ERS oraz technik prac pod napięciem
- 201) Ardelean I., Hațegan I. D., Kilyeni Ș.: Live maintenance techniques – an efficient way to reduce the costs and to increase the power line's availability case study for C.N.T.E.E. TRANSELECTRICA S.A. transmission subsidiary Timisoara. Prace pod napięciem – efektywność ekonomiczna jako redukcja kosztów oraz podniesienie dyspozycyjności linii przesyłowych C.N.T.E.E TRANSELECTRICA S.A
- 202) Jühling J.: General guidelines for safe live working. Ogólne wytyczne dla bezpiecznego wykonywania prac pod napięciem
- 203) Vazquez F.J.A., Assad L.A.X.: Replacement of voltage transformer at energized substation in 230 kV at Venezuela – Brazil interconnection using barehands methods. Wymiana przekładnika napięciowego na czynnej stacji 230 kV, stanowiącej połączenie systemów Wenezueli i Brazylii, wykorzystując techniki prac pod napięciem na potencjale
- 204) De Donà G., Mazza P., Kuljaca N., Croti G., Sardi A. Weiss S., Brand U., Giraud M.: Live Installation of HV Equipment for Instrument Transformers Accuracy Check. Instalacja osprzętu pomiarowego dla przekładników wysokonapięciowych bez wyłączenia napięcia
- 205) Iulita M., Paganin G.: Live working washing of line insulator chains using tap water, a telescopic arm and robot head. Prace pod napięciem, czyszczenie łańcuchów izolatorów za pomocą zrobotyzowanych wyciągów teleskopowych
- 206) Gal S., Diafonu I., Oltean M., Gal B.: Multispectral (V, UV, IR) aerial survey of EHV overhead lines in the Romanian Power Grid. Multispektralny (V, UV, IR) przegląd napowietrznych linii przesyłowych prowadzony na potrzeby rumuńskiego Operatora Sieci Przesyłowej
- 207) Cairoli D. A., Clapés J., Neira L. L.: Replacement of 132 kV polymeric line post insulator. Wymiana izolatora kompozytowego na linii 132 kV
- 208) Meixner H.: Laying OPGW-Cables on Lattice Towers. Montaż przewodów OPGW na słupach kratowych
- 209) Neira L., Araujo J. A., Clapes J.: Development of an insulated arm self – elevator; Rozwój konstrukcji izolowanych ramion podnośników
- 210) Neira L., Salafia J.: Resagging of a live 500 kV line with multiple conductors. Regulacja zwisu wieloprzewodowej linii 500 kV

ICOLIM 2006

- 193) O'Flynn E., O'Connell M.: Live working and major network refurbishment in ESB networks. Prace pod napięciem oraz ważniejsze prace modernizacyjne w sieci ESB
- 194) Belinchón M. P., Fernández R.G., Martínez Á.A., Oliveros C.S.: Live working and Corporate Social Responsibility (CSR) in Red Eléctrica de España. Prace pod napięciem oraz odpowiedzialność społeczna zakładu w RED ELÉCTRICA
- 195) Riquel G., Dubail R.: Speed of Propagation of Internal Faults. Proces rozchodzenia się uszkodzeń wewnętrznych
- 196) Riquel G., Dubail R.: Operators in Electrical Gaps. Operacje w elektrycznych przerwach izolacyjnych
- 197) De Donà G., Rendina R., Pirovano G., Valagussa C.: Studies for the diagnostics of composite insulators. Rozważania na temat diagnostyki izolatorów kompozytowych
- 198) Gal S., Fagarasan T., Brewer H. S., Enachescu G.: Romanian field experience in live mounting of line arresters on EHV OHL. Rumuńskie doświadczenia w montażu odgromników na czynnych napowietrznych liniach przesyłowych
- 199) Krawulski A., Niejadlik T.: Live wire work on 400 kV and 220 kV OHL executed by Energa SA Concern, branch in Toruń. Prace pod napięciem na liniach napowietrznych 220 i 400 kV wykonane przez Koncern ENERGA SA, Oddział Toruń
- 200) Riberio N., Cordeiro J.: Uprate of 150 kV overhead line Palmela – Évora using Emergency Restoration System and Live Line techniques. Przeizolowanie linii napowietrznej 150 kV Palmela – Evora za pomocą systemu ERS oraz technik prac pod napięciem



Okładki materiałów konferencyjnych

Adam Balawender – ELTEL Networks Rzeszów S.A.
 Bogumił Dudek – EPC S.A

Prace pod napięciem na liniach przesyłowych 220, 400 i 750 kV

Prace pod napięciem na linii 750 kV

Mimo różnic konstrukcyjnych linii 750 kV węgierskiej i polskiej (jednopunktowe zawieszenie łańcuchów izolatorów do słupa, inny rozstaw przewodów w wiązce, typ odstępników oraz konstrukcji słupów mocnych) w lipcu 1988 roku na polskiej linii zastosowano technikę prac pod napięciem, która została opracowana przez energetyków węgierskich.

Ówczesne technologie przygotowane w konwencji przestrzegania ogólnych warunków pracy i prac cząstkowych, pozwalając na:

- zbliżanie się do przewodu o potencjale linii,
 - odciążanie przelotowych łańcuchów izolatorów,
 - wymianę izolatorów w łańcuchach przelotowych,
 - jazdę wózkem po przewodach,
 - odciążanie odciągowych łańcuchów izolatorów,
 - wymianę izolatorów w łańcuchach odciągowych,
- mogły być stosowane także na liniach 220 i 400 kV (rys. 1).

Elektromonter w ekranującym ubiorze i kabiny podwieszanej do izolatora kompozytowego jest przemieszczany z konstrukcji słupa na przewód.

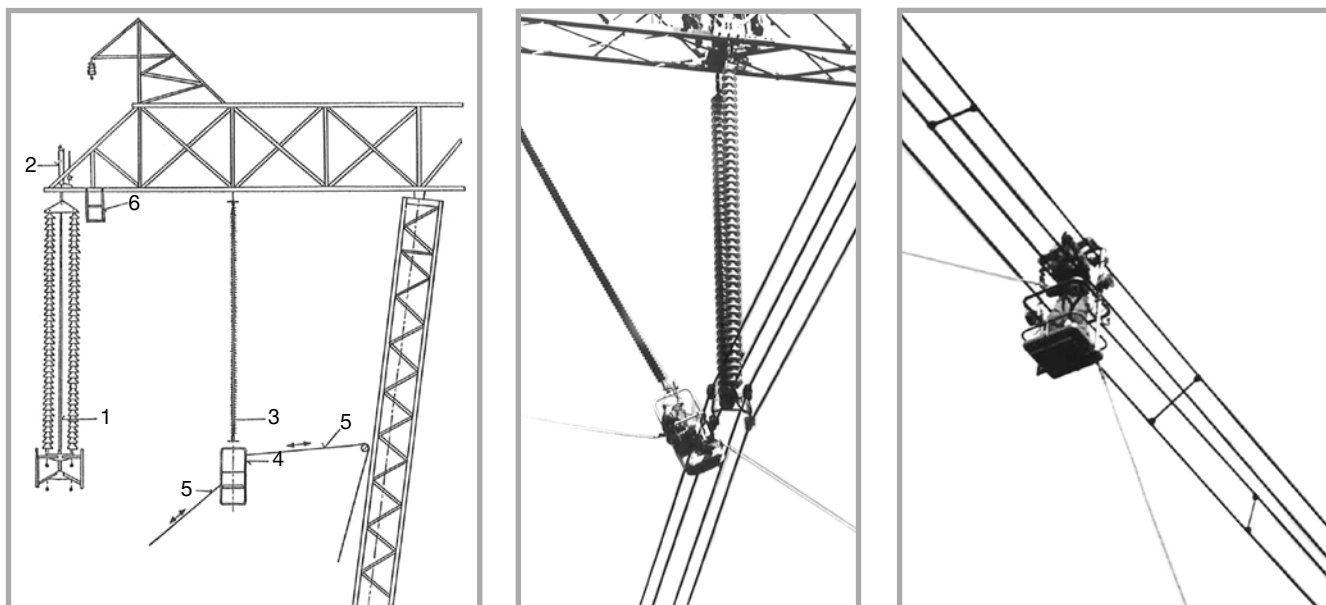
Elektromonter przejmuje potencjał przewodu za pomocą wyrównywacza potencjału, przy czym do wyrównania potencjału kabiny służy dodatkowy wyrównywacz.

Prace wykonuje za pomocą specjalnie skonstruowanych narzędzi, w razie potrzeby również z napędem pneumatycznym.

Wykonywane były także *prace w pobliżu napięcia*, do których można zaliczyć:

- uzupełnianie brakujących elementów słupów
 - kątowników,
 - prętów stężeniowych,
 - tabliczek ostrzegawczych i informacyjnych,
- drobne naprawy fundamentów (uzupełnianie ubytków) i taśm uziemiających,
- wycinkę drzew i gałęzi,
- smarowanie lin odciągowych słupów, między innymi na linii 750 kV.

Zdobywane przez dwadzieścia lat doświadczenia zaowocowały obecnie podejmowaniem także innych prac pod napięciem i w pobliżu napięcia.



Rys. 1. Wymiana izolatorów przy użyciu kabin na izolatorach kompozytowych i wymiana odstępników na linii 750 kV
 1 – izolator prętowy, 2 – siłownik hydrauliczny, 3 – izolator kompozytowy, 4 – kabina, 5 – liny izolacyjne, 6 – krzesółko pomocnicze

Prace pod napięciem na liniach 220 i 400 kV

Brygady przeszkolone na Węgrzech do wykonywania prac pod napięciem na liniach przesyłowych zdobyły nowe doświadczenia przystępując do robót na liniach 400 kV wg technologii niemieckiej (była NRD), zakupionej również przez kilka polskich zakładów energetycznych.

Znajomość obu typów technologii zaowocowała wykorzystaniem ich fragmentów do usprawnienia metod realizacji prac np. poprzez zastosowanie ściągaczy śrubowych do wymiany ogniw w łańcuchu nieopuszczanym na ziemię (zwłaszcza dotyczy to izolatorów w układzie „V”) – rysunek 2.



Rys. 2. Prace pod napięciem przy wymianie izolatorów na linii 400 kV podczas szkolenia



Rys. 4. Pokaz przygotowany na ICOLIM 2008 – wymiana łańcucha izolatorów przy użyciu kabiny podwieszanej do izolatora kompozytowego

Po kilkuletniej przerwie w wykonywaniu prac pod napięciem na liniach 220 i 400 kV powrócono do możliwości, które stwarzała ta technika. Kilkunastoosobowa ekipa uzyskała w 2007 roku uprawnienia do wykonywania robót metodą PPN.

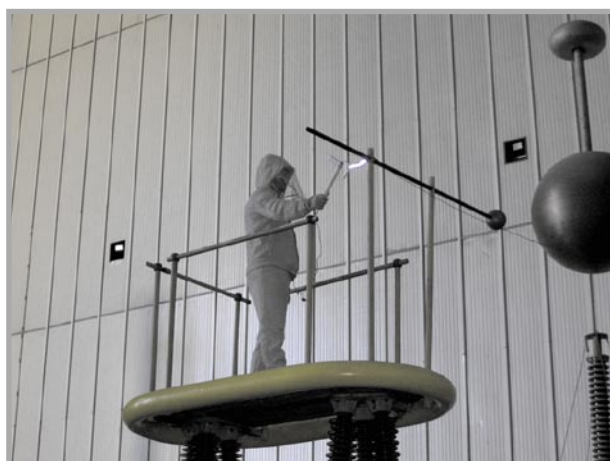
Przeszkolenie zostało zrealizowane pod nadzorem doświadczonych wykładowców i instruktorów oraz pozwoliło na oswojenie ze zjawiskami towarzyszącymi pracy metodą na potencjale (rys. 3).

Dzięki temu już w ubiegłym roku dokonano wymiany kilkudziesięciu izolatorów na linii pod napięciem (podczas ICOLIM 2008 odbędzie się pokaz wymiany łańcucha izolatorów przy użyciu kabiny podwieszanej do izolatora kompozytowego – rys. 4) oraz przecierających się zawiesi grożących zerwaniem łańcuchów izolatorów.

Brygady wykonawcze zmierzyły się także z problemem prac przy przewodzie odgromowym czynnych linii 400 kV.



Rys. 3. Szkolenie PPN obejmowało ćwiczenia laboratoryjne z oswojeniem zjawisk wyrównywania potencjału





Rys. 5. Montaż blokady zawieszenia przewodu odgromowego na czynnej linii



Rys. 6. Wyłożenie przewodu odgromowego na rolki podczas pracy linii 400 kV (prace polskiej brygady wykonywane w Szwecji)



Rys. 7. Przygotowanie do wymiany przewodu odgromowego na OPGW (ćwiczenia pod Tarnowem)

Uszkodzenia polegające na zerwaniu linek łączących przewód odgromowy z konstrukcją słupa, nieprawidłowej pracy wahliwych zawiesi przewodu odgromowego zostały usunięte w czasie pracy linii.

Zakładanie blokad wspomnianych wahliwych zawieszzeń pokazano na rysunku 5.

Obecnie w przygotowaniu jest wymiana przewodów odgromowych na OPGW na czynnych liniach przesyłowych. Zachętą do zainteresowania tą technologią były doświadczenia polskich brygad pracujących na pierwszej na świecie linii 400 kV wybudowanej w Szwecji ponad 50 lat temu. Na tej czynnej linii zadanie polskich brygad polegało na wykładaniu przewodów odgromowych na rolki montażowe (rys. 6).

Po szkoleniu teoretycznym w zakresie wymiany przewodów odgromowych na OPGW odbytym w styczniu 2008 r. brygady monterskie wykonują obecnie serię ćwiczeń umożliwiających sprawne zastosowanie tej techniki w praktyce eksploatacyjnej (rys. 7).

Przewiduje się, że potrzeby wyposażania linii przesyłowych w przewody typu OPGW dotyczyć będą nie tylko nowych inwestycji, ale także przypadków przechodzenia z mniejszej na większą liczbę włókien. Uzyskanie wyłączeń w celu wykonania prac na liniach jest coraz trudniejsze i wynika z ciągłego wzrostu zapotrzebowania na energię, szczególnie w okresie letnim (spowodowanego m.in. ociepleniem klimatu i stosowaniem klimatyzatorów w niespotykanej dotąd skali).



Rys. 8. Zastosowanie przenośnej linii kablowej 110 kV

Zdjęcia zamieszczone w artykule wykonali: Bogumił Dudek (nr 1–3, 6 i 7) oraz Adam Balawender (nr 4, 5 i 8)

Przestrzeń strefy prac pod napięciem, w której operują monterzy jest bardzo ograniczona wymiarami słupów. Powinna ona być kontrolowana, a odległości bezpieczne przestrzegane w każdym momencie.

Są jednak możliwości zmniejszenia odległości unormowanych przepisami ogólnymi poprzez elastyczną współpracę ze służbami ruchowymi Operatora Sieci Przesyłowej, która umożliwi wykorzystanie stanów i okresów niższych obciążeń prądowych oraz zastosowanie specjalnych iskierników ochronnych, pozwalających na jeszcze mniejsze bezpieczne zbliżenia do elementów urządzeń pozostających pod napięciem.

Pracownicy wykonują prace z zastosowaniem osobistego sprzętu ochronnego, zwłaszcza chroniącego przed upadkiem z wysokości oraz ochroną przed wpływem pola elektrycznego w postaci ubiorów ochronnych działających na zasadzie klatki Faraday'a.

Pozytywnym doświadczeniem brygad wykonawczych było zastosowanie przenośnych linii kablowych 110 kV. Linie te pozwoliły na bocznikowanie pól rozdzielni na czas prowadzenia różnego rodzaju prac (rys. 8).

Chociaż samo podpięcie kabli wykonywano podczas krótkiego wyłączenia, to jednak możliwości rozszerzenia tego typu usługi na poziomy napięć 220 i 400 kV nie budzą już emocji, a opłacalność wspinania i odpinania pod napięciem będzie wynikiem kalkulacji kosztów.

Uwagi końcowe

Nie ulega wątpliwości, że stosowanie prac pod napięciem jest droższe od technik wykorzystujących wyłączenia. Ale obiektywny brak możliwości wyłączeń może spowodować nadanie większej rangi opisywanym pracom.

Utrzymywanie zdolności i umiejętności brygad wykonawczych wymaga szerszego rynku usług i doceniania wysiłku potrzebnego do upowszechniania metodyki prac pod napięciem.

LITERATURA

- [1] Balawender A., Dudek B., Piechoczek E.: Helicopter services for power lines system in Poland; ICOLIM 2002
- [2] Dąbrowski J., Dudek B.: Identification des dangers et analyse des risques lors de travaux effectués sous tension; ICOLIM 1998
- [3] Dudek B., Małyk E., Wiśniewski W., Wójcik M.: Développement des travaux sous tension sur les réseaux électriques en Pologne; ICOLIM 1992
- [4] Dudek B.: Pierwsze prace pod napięciem na linii 750 kV. *Energetyka* 1989, nr 8
- [5] Balawender A., Dudek B.: Bocznikowanie obwodów prądowych WN - bez i pod napięciem. *Przegląd Elektrotechniczny* 2003, nr 1. Materiały IX Sympozjum EUI, Zakopane 2003
- [6] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Prace pod napięciem przy liniach 110, 220 i 400 kV. *Akademia Energetyki*, Sesja 7. Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych (Wykład dwunasty). *Energetyka* 2006, nr 12
- [7] Frymer K., Dudek B.: Wymiana przewodów odgromowych linii przesyłowych na OPGW pod napięciem; IX Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach nn, SN i WN w Polsce i na świecie” Gdańsk 2007



Adam Balawender – ELTEL Networks Rzeszów S.A.
 Bogumił Dudek – EPC S.A

220 – 750 kV Overhead Transmission Lines Live Work

The beginning – live work on 750 kV power line

In spite of construction differences between Polish and Hungarian 750 kV power lines (one point insulator chains suspension, different conductor bundle gauge, spacer type and leading tower construction) in July 1988 on the Polish power line one used way of live work that was worked out by Hungarian power engineers.

At that time techniques worked out of the convention of keeping to general work conditions and partial works allowing:

- approaching to the conductor of line potential,
- unweighting of suspending chain insulators,
- exchanging of suspending chain insulators,
- travelling on the conductors with use of line car,
- exchanging of leading chains insulators,
- unweighting of leading chains insulators,

could be also used at 220 and 400 kV power lines (fig. 1).

Electrician (lineman) in both shielding suit and cabin suspended with composite insulator is transported from a tower to a conductor.

He receives the potential of the conductor by use of bonding lead, while in case of cabin use potential is received by use of additional one.

The work is performed with use of specially constructed tools, in case of need with pneumatic drive.

One performed also work *near to the voltage* that can be rated as follow:

- making up lacking tower's elements:
 - angle bars,
 - brace rods,
 - warning and information plates,
- small repairs of both foundations (defects making up) and earthing tapes,
- trees and branches cuts down
- lubrication of towers' leading ropes, among others of 750 kV power line.

All those experiences that have been gained for the past 20 years presently resulted in other live work performing or near to the voltage.

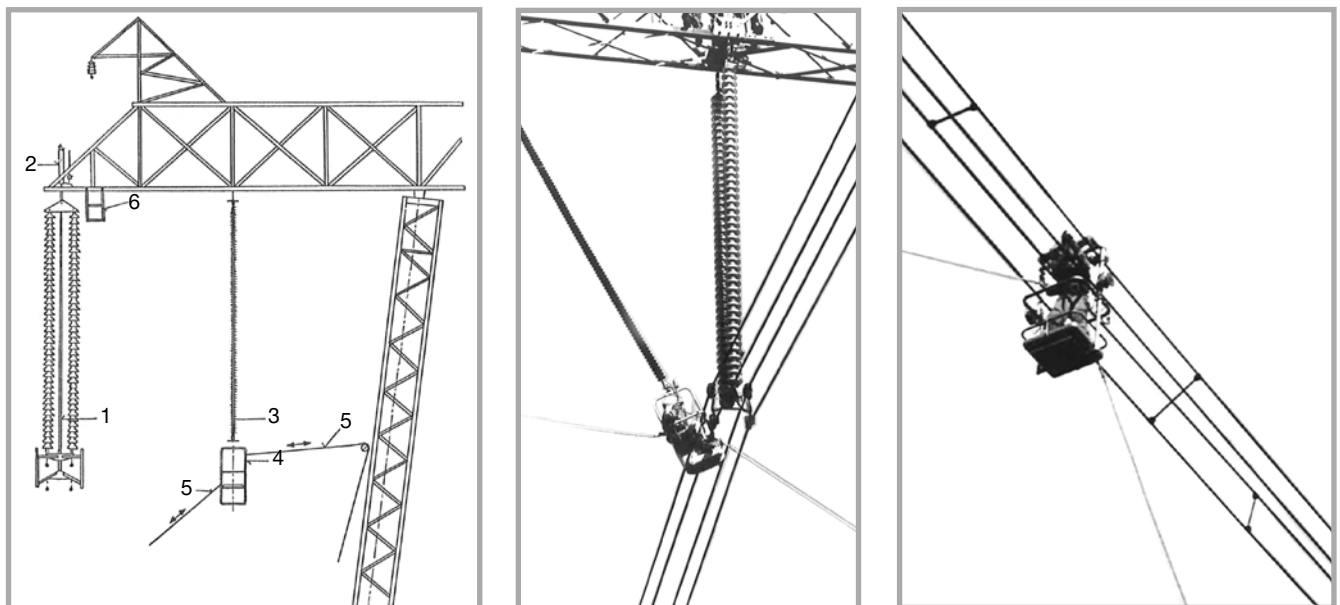


Fig. 1. Insulators exchange by use of cabin and spacers exchange on the 750 kV power line
 1 – insulating rod, 2 – hydraulic lift, 3 – composite insulator, 4 – cabin, 5 – insulating ropes, 6 – seat

Live work on 220 and 400 kV power lines

Work teams trained in Hungary for live works on overhead transmission power lines gained new experience entering work on 400 kV power lines according to the German technology (former Deutsche Demokratische Republik), also purchased by several regional Polish Power Distributors.

The knowledge of both technologies types resulted in their partial use for improvement of work methods for example: by use of rigging screw for exchange of chain links in insulator chain that is not lower to the ground (especially it is related to insulators V layout) – fig. 2.



Fig. 2. Live work on insulators exchange on the 400 kV power line during the training



Fig. 4. Preparing presentation for ICOLIM 2008 – insulator chain exchange with use of by composite insulator suspended cabin

After several years break in live work performance on 220 and 400 kV power lines one gets back to possibilities of this technique.

A dozen or so persons team gained in 2007 the authorization for use of live work performance. Training was carried out under supervision of experienced instructors and allowed to familiarize with effects during the work by method with potential (fig. 3).

Thanks to this in the very last year one performed the exchange of several dozen of insulators on the active line (at ICOLIM 2008 it shall be performed presentation of insulator chain exchange with use of composite insulator suspended cabin – fig. 4) and worn out lifting slings endangering the insulator chain break off.

Work teams also faced the problem of work performance with earthing conductor of active 400 kV power line.

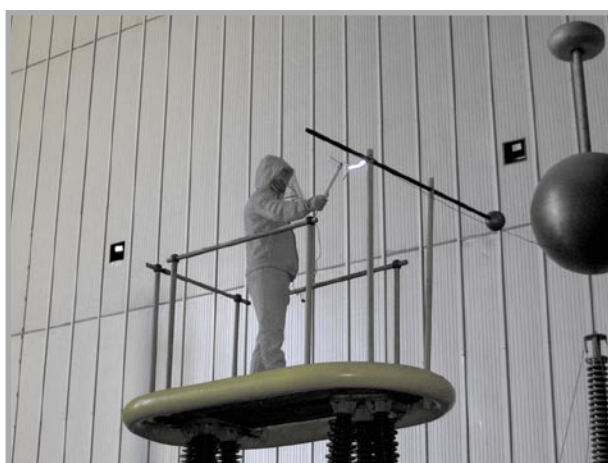


Fig. 3. Training process including laboratory exercises on familiarization with potential balancing effect



Fig. 5. Installation of lock for swinging suspension on the active power line



Fig. 6. Placing earthing conductor on pulley-blocks on active 400 kV power line (Polish work team task performed in the Sweden)



Fig. 7. Preparation for earthing conductor exchange to OPGW (training near to the Tarnów)

Damages of type as broken off connecting cord to tower's construction for earthing conductor, malfunction of swinging lifting slings were fixed on the active power line. Installation of lock for swinging lifting slings is shown in fig. 5.

Presently an exchange of the earthing conductors to OPGW cable on active power lines is in the preparation. Incentive to interest in this technology was experience of Polish work teams performing work on the first in the world 400 kV power line, built in Sweden over 50 years ago.

At this active power line task of the Polish work teams was to place earthing conductor on pulley-blocks (fig. 6) in order to exchange it.

After work teams took theoretical training on exchange of earthing conductors to OPGW in January 2008, presently are practicing in order to use this technique efficiently in maintenance tasks (fig. 7).

One estimates that demand on equipment of power lines with OPGW cables is not only related to new investments but also to exchange of the OPGW cables for ones with higher number of optic fibres. However more and more difficult is gaining power lines shut downs and it is a result of electricity consumption increase and higher demand on power supply especially in the summer season (caused by the global warming and application of air conditioners in the range not recorded so far).



Fig. 8. 110 kV portable cable line usage

Photos: Bogumił Dudek (N° 1–3, 6 i 7), Adam Balawender (N° 4, 5 i 8)

Operational space for installation electrician during live work is very limited by tower's dimensions. The space should be controlled and safe distances preserved all the time. Although there are possibilities for reduction of distances given by general regulations by elastic co-operation with Transmission Network Operator enabling utilization of lower current load periods and application of special protective spark gaps allowing safer closing to the live devices elements.

Employees perform work with use of personal protection equipment, preventing against fall and electromagnetic field, acting on the basis of Faraday cage.

Work teams' positive experience is the application of portable 110 kV power lines. These lines enabled station bay shunt for the time of work performance (fig. 8)

That is true that cables attaching is done during the short shut down, although possibilities of the service application extension to voltage of 220 and 400 kV do not rouse emotions any more and eventual attaching and detaching under voltage is the result of cost calculation.

Conclusion

There is no doubt that live work application are more expensive than techniques using shut downs but unbiased lack of possibilities for shut downs may result in gaining bigger importance of work described.

Keeping the capabilities and abilities of work teams requires broaden market for live work services and efforts appreciation needed for propagation of live work methodology.

REFERENCES

- [1] Balawender A., Dudek B., Piechoczek E.: Helicopter services for power lines system in Poland; ICOLIM 2002
- [2] Dąbrowski J., Dudek B. : Identification des dangers et analyse des risques lors de travaux effectués sous tension; ICOLIM 1998
- [3] Dudek B., Małyk E., Wiśniewski W., Wójcik M.: Developpement des travaux sous tension sue les reseaux electriques en Pologne; ICOLIM 1992
- [4] Dudek B.: Pierwsze prace pod napięciem na linii 750 kV. *Energetyka* 1989, nr 8
- [5] Balawender A., Dudek B.: Bocznikowanie obwodów prądowych WN - bez i pod napięciem. *Przegląd Elektrotechniczny* 2003, nr 1. Materiały IX Sympozjum EUI, Zakopane 2003
- [6] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Prace pod napięciem przy liniach 110, 220 i 400 kV. *Akademia Energetyki*, Sesja 7. Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych (Wykład dwunasty). *Energetyka* 2006, nr 12
- [7] Frymer K., Dudek B.: Wymiana przewodów odgromowych linii przesyłowych na OPGW pod napięciem; IX Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach nn, SN i WN w Polsce i na świecie” Gdańsk 2007



Eugeniusz Piechoczek – AIRCOM Sp. z o.o.

Jerzy Macetko – Elbud Katowice Sp. z o.o.

Bogumił Dudek – EPC SA

Wykorzystanie w Polsce technik lotniczych do prac pod napięciem

Dotychczasowe doświadczenia usług lotniczych w Polsce

Pod koniec lat 80. rozpoczęto w Europie regularnie stosować śmigłowce do prac pod napięciem na liniach najwyższych napięć. Metoda ta pozwala na skrócenie czasu napraw, szybkie przemieszczanie ekip monterskich. Prace mogą być wykonywane bezpośrednio z płozy śmigłowca lub z podwieszanej kabiny. Na czas wykonywania pracy kabina może być zainstalowana na przewodzie linii, a po jej zakończeniu śmigłowiec zdejmuje kabinę z monterami z przewodu linii. Do prac pod napięciem używa się przeważnie małych i lekkich śmigłowców, zdolnych do wejścia i zawisu nawet pomiędzy przewodami linii.

W Polsce stałe stosowanie śmigłowców dla potrzeb energetyki datuje się od roku 1994. Bardzo dobre wyniki uzyskano przy przeprowadzaniu oględzin linii najwyższych napięć, zarówno okresowych jak i awaryjnych. W tym okresie warto odnotować monitorowanie linii podczas powodzi tysiąclecia w 1997 roku i podczas pożarów lasów w 1998 roku. Wykorzystywano wówczas śmigłowiec dodatkowo do transportu niezbędnych środków i sprzętu na stacje objęte powodzią.

Rozległość linii elektroenergetycznych, długi czas i trudności dokładnego przeprowadzenia tradycyjnych ich obchodów przemawiają za dalszym użyciem śmigłowców do tych prac.

Śmigłowiec okazuje się ważnym i pewnym narzędziem realizacji szeregu prac związanych z utrzymaniem linii będących pod napięciem i stanowi skuteczne uzupełnienie metod tradycyjnych, zwiększając skuteczność i bezpieczeństwo prac. Usługi lotnicze i w tej dziedzinie stają się przedmiotem konkurencji i poszukiwania nowych obszarów zastosowania.

Dotychczasowy zakres prac ze śmigłowca obejmował:

- planowane oględziny linii,
- pomiary termowizyjne wybranych linii przesyłowych i dystrybucyjnych,
- obloty inspekcyjne i poawaryjne linii różnych poziomów napięć,
- dyżury pogotowia lotniczego na przypadki awaryjne (szybki dołot do miejsca awarii, ewentualnie możliwość szybkiego zidentyfikowania miejsca awarii),
- wizualizację trasy linii.

Dalsze perspektywy rozwoju usług lotniczych w Polsce

Uzyskane korzyści z oględzin górnych linii wysokiego napięcia ze śmigłowca to m.in.: tańsze oględziny planowe i awaryjne, szybkie rozpoznanie przyczyn awarii, ułatwiona lokalizacja zagrożeń, skuteczna identyfikacja obszarów klęsk żywiołowych, termowizja połączeń prądowych wykrywająca miejsca potencjalnych uszkodzeń.

Dodatkowo należy wymienić uniwersalną wizualizację tras linii oraz ich otoczenia, pozwalającą na praktycznie natychmiastowe (choć wirtualne) rozpoznanie terenu. Zachęca to do dalszego rozwoju usług lotniczych.

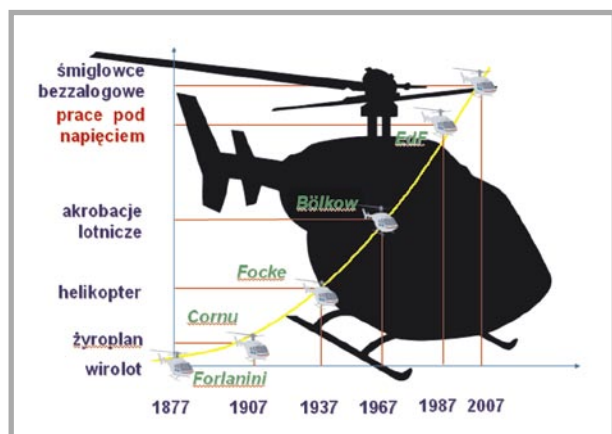
Sprzyjają temu także doświadczenia europejskich operatorów sieciowych dostrzegających korzyści z prowadzenia ruchu przy minimalizacji wyłączeń urządzeń elektroenergetycznych.

Jednak uzyskanie wprawy i osiągnięcie pułapu technologii z krajów zaawansowanych w stosowaniu tego rodzaju usług wymaga stopniowego poszerzania zakresu tej techniki adekwatnej do rodzących się potrzeb i możliwości jej ekonomicznego opanowania.

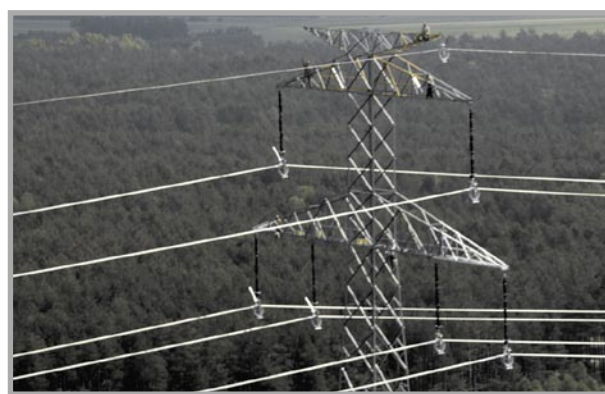
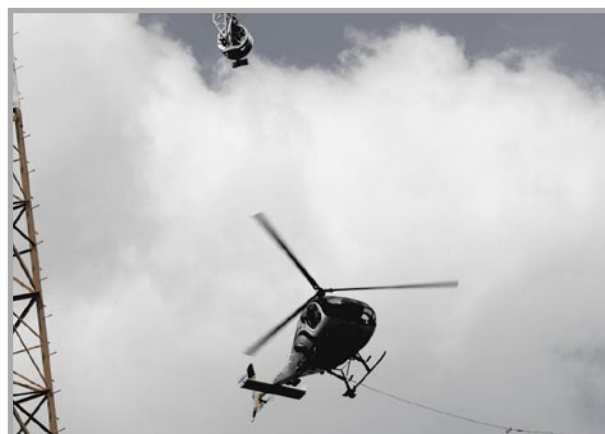
Wsparcie śmigłowcowe procesów PPN

Po zastosowaniu śmigłowców do oględzin pozwalających na ocenę ogólnego stanu linii, po podjęciu decyzji o jej konserwacji lub naprawach, śmigłowiec może okazać się skutecznym wsparciem techniki prac pod napięciem umożliwiając szybkie dotarcie kompetentnego personelu w miejsca interwencji, a w szczególności może ułatwić transport i dostawy elementów wyposażenia i sprzętu:

- różnego rodzaju izolatorów i ich osprzętu,
- osprzętu do napraw przewodów odgromowych i roboczych,
- elementów konstrukcji wsporczej – kątowników i prętów stężeńiowych,
- tabliczek informacyjnych i ostrzegawczych,
- sprzętu pomocniczego do prac pod napięciem, np. tyczek pomiarowych,
- sprzętu zasadniczego do prac pod napięciem, np. do wymiany izolatorów, wózków jezdnych po przewodach.



Rys. 1. Rozwój usług śmigłowcowych w różnych zastosowaniach – od wirołotu do śmigłowców bezałogowych (B. Dudek)



Rys. 2. Zastosowanie linii izolacyjnych rozciąganych przy użyciu śmigłowca do wciągania przewodów w budownictwie linii napowietrznych nad kompleksami leśnymi (E. Piechoczek)

Zaletą tego typu „wsparcia z powietrza” jest skrócenie czasu dotarcia w miejsce interwencji i w wielu przypadkach ominięcie problemów z tradycyjnym wejściem w teren i uszkodami (mniejszymi lub większymi) w uprawach, w konsekwencji odszkodowaniami za zniszczenia.

Godne odnotowania jest pojawienie się możliwości zastosowania bezałogowych małych śmigłowców do obserwacji i diagnostyki linii energetycznych i innych obiektów (stacji, zapór), które prezentowano na ostatniej krajowej konferencji prac pod napięciem w Gdańsku w 2007 roku (rys. 1).

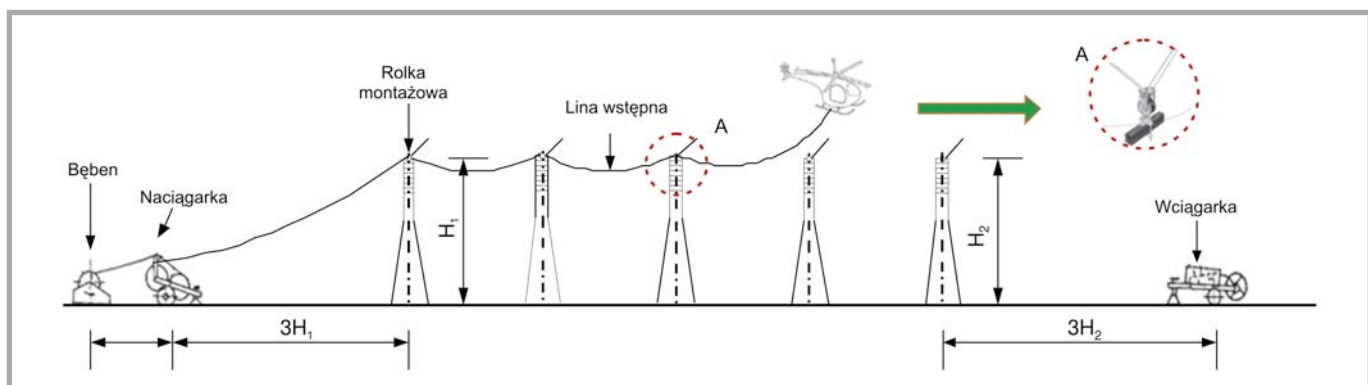
Prace przy wymianie przewodów wspierane usługami śmigłowcowymi

Niezbędny rozwój sieci napowietrznych, np. prowadzonych ze względu na wymagania ochrony środowiska nad kompleksami leśnymi, zwiększenie zdolności przesyłowych sieci, ponadto dalsze wykorzystanie traktów światłowodowych powoduje zapotrzebowanie na prace związane z przewodami linii zarówno odgromowymi jak i fazowymi. Rysująca się potrzeba wymiany przewodów roboczych na wysokotemperaturowe i przewodów odgromowych na typu OPGW (także istniejących OPGW mniejszej ilości włókien światłowodowych na większą ich liczbę) zwróciły

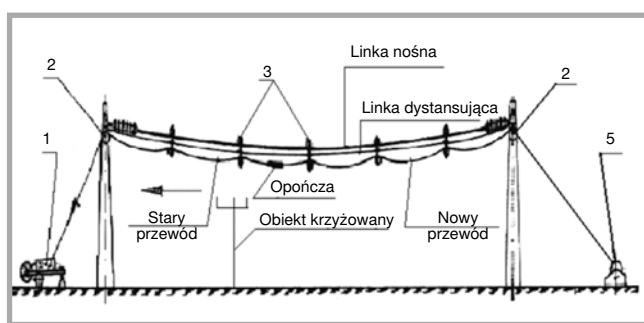
uwagę na możliwości zastosowania do tych prac śmigłowców. Dotychczasowe doświadczenia z budownictwa linii postanowiono wykorzystać wprowadzając w szerszym stopniu usługi śmigłowcowe. We współpracy z firmą stosującą od wielu lat technikę wykonywania skrzyżowań z obiektami pozostającymi pod napięciem (np. liniami niższych poziomów napięć, elektryczną trakcją kolejową) postanowiono do budowy linii nad kompleksami leśnymi wykorzystać technikę rozciągania lin pozwalającą na wciąganie i przeciąganie przewodów bez dotykania ziemi (rys. 2). Uzyskanie doświadczeń z budownictwa pozwoli na ich przeniesienie na prace na czynnych liniach wymagających wymiany przewodów odgromowych na typu OPGW (rys. 3).

Podstawą technologii jest bramka wzdłużna zbudowana z rolek zawieszonych na linie nośnej, które są utrzymywane w odpowiednich odstępach przez linkę dystansującą (rys. 4).

Linki bramki dobrane są do siły naciągu niezbędnego do utrzymania przewodu ponad obiektem krzyżowanym. Jeżeli obiekt krzyżowany jest pod napięciem jako linki bramki stosuje się linki polipropylenowe. Bramkę rozwija się wzdłuż przęsła ponad obiektem krzyżowanym i kotwi po obu stronach przęsła. Bramkę rozwija się po istniejącym przewodzie, w przypadku gdy wymieniamy ten przewód lub łańcuch izolatorów, do którego jest on podpięty.



Rys. 3. Schemat rozciągania przewodów z użyciem specjalnych rolek do montażu przewodu (K. Frymer)



Rys. 4. Wymiana starego przewodu na nowy na linii pozostającej w skrzyżowaniu z czynną linią niższego napięcia (J. Macekko)

1 – wciągarka, 2 – rolki montażowe, 3 – rolki bramkowe, 4,5 – bęben z przewodem

W przypadku instalacji nowego przewodu bramkę rozwija się po uprzednio rozwiniętej linie wstępnej. Bramkę można rozwijać pojazdem z napędem własnym poruszającym się po przewodzie. Można ją także rozwijać ciągnąc linkę pilotującą, do której podpięte są końce linek bramki. Po rozwinięciu bramkę kotwi się po obu stronach przęsta skrzyżowaniowego. Linki bramki kotwi się do poprzeczki przy wymienianym przewodzie lub do ziemi po ich wyłożeniu na rolki podwieszane pod poprzeczką przy wymienianym przewodzie. Po jednej stronie przęsta linki bramki kotwi się za pośrednictwem przyrządów do naprężania (tirforów). Naprężenie linek bramki powoduje obrót wszystkich rolek bramkowych i ułożenie się przewodu lub linki wstępnej na krążkach tych rolek. Po krążkach tych rolek rozwija się lub zwija przewód. Po rozwinięciu i zwizowaniu całego przewodu na jego końcach na ziemi zaprasowywuje się uchwyty odciągowe i podwiesza do poprzeczek słupów. Przy pomocy tirforów popuszcza się linki bramki, co powoduje obrót wszystkich rolek bramkowych i zawiązanie bramki na nowym przewodzie. Końce linek bramki odpina się od poprzeczki i podcina do rolki końcowej założonej na przewód. Bramkę zwija się po przewodzie i demontuje. Technologię tę stosowano na skrzyżowaniach z czynnymi obiektami, w tym: autostradami, głównymi arteriami miejskimi, rzekami, liniami elektroenergetycznymi niskiego napięcia, 15 kV, 110 kV, 220 kV, torami kolejowymi, trakcją kolejową, tramwajową i trolejbusową.

Dotychczasowe zastosowanie potwierdziło, że technologia umożliwiła wykonywanie prawie wszystkich prac na liniach napowietrznych bez wyłączeń obiektów krzyżowanych w sposób w pełni bezpieczny, uzyskując pozytywne oceny Instytutu Energetyki oraz firm eksploatujących sieci.

Podstawową zaletą rozwijanych w Polsce usług śmigłowcowych jest dostosowywanie się do potrzeb bezprzerwowej pracy obiektów sieci elektroenergetycznej, możliwość prowadzenia kompleksowych prac wykonanych w krótkim czasie, obniżenia pracochłonności, co mimo wyższej ceny usług niż prac tradycyjnych pozwala na utrzymanie racjonalnego poziomu kosztów, a nawet na obniżanie kosztów eksploatacji.

LITERATURA

- [1] Balawender A., Dudek B., Piechoczek E.: Helicopter services for power lines system in Poland; ICOLIM 2002
- [2] Piechoczek E., Skomudek W.: Prowadzenie oględzin elektroenergetycznych linii napowietrznych z wykorzystaniem oblotów inspekcyjnych. *Energetyka*, Zeszyt tematyczny nr XIII, 2007 Międzynarodowa Konferencja N-T „Invention. Innowacyjność w elektroenergetyce”
- [3] Glatman E., Piechoczek E., Skomudek W.: Diagnostyka układu izolacyjnego i przewodów linii wysokiego napięcia. *Przegląd Elektrotechniczny* 2006, nr 1
- [4] Glatman E., Piechoczek E.: Nowa koncepcja eksploatacji linii wysokiego napięcia. *Energetyka* 2005 (wydanie specjalne – 50 lat Rejonu Wysokich Napięć w Opolu)
- [5] Gela G.: Using Helicopters to Service High Voltage Transmission Lines, Including Live-Line Work: The North American Experience, Materiały konferencyjne „Wykorzystanie usług lotniczych w eksploatacji sieci elektroenergetycznych”, Świerklaniec 1999
- [6] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Prace pod napięciem przy liniach 110, 220 i 400 kV. *Akademia Energetyki*. Sesja 7. Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych (wykład dwunasty), *Energetyka* 2006, nr 12
- [7] *ELBUD Katowice Sp. z o.o.*: Technologia bramki wzdłużnej prowadzenia prac na liniach napowietrznych ponad czynnymi obiektami krzyżowanymi, Katowice 2008
- [8] Kofakowski T., Dudek B.: Usługi śmigłowcowe – nowe doświadczenie energetyki. *Biuletyn Informacyjny PTPiREE* 1996
- [9] IEC TR 62263: 2005 Live working – Guidelines for the installation and maintenance of optical cabling on overhead Power lines



Eugeniusz Piechoczek – AIRCOM Sp. z o.o.
Jerzy Macełko – Elbud Katowice Sp. z o.o.
Bogumił Dudek – EPC SA

Using Air Techniques for Live Working in Poland

Previous experience as regards air services in Poland

At the end of 1980s, helicopters started to be regularly used for live working on extra-high voltage lines across Europe. Employing this method made it possible to shorten the time needed to carry out repair work and to move wiremen crews quickly. Work can be performed directly from a helicopter skid or from a suspended cabin which can be fixed on the line wire. On completing the work, the helicopter takes the wiremen cabin off the line wire. Mostly small and light helicopters are used for live working because they are capable of entering and hovering even among line wires.

In Poland, helicopters have been used in power engineering since 1994. Both periodical and emergency inspections of extra-high voltage lines have produced very good results. In this period, air techniques were used for monitoring lines during the flood of the millennium in 1997 and during forests fires in 1998. Helicopters were then also used for transporting necessary means and equipment to locations within disaster areas.

The extent of electrical power lines, long time and difficulties in performing precise inspections using traditional methods are all arguments indicating that helicopters should still be used for such types of work.

Helicopters prove to be an important and reliable tool used in completing a number of work types related to maintaining live lines. They also effectively complement traditional methods, making work more effective and safe. Air services stimulate competition and the search for new areas of application also in this domain.

Current scope of work performed from helicopters includes the following operations:

- scheduled line inspections,
- thermovisual measurements of the selected transmission and distribution lines,
- inspection and post-failure flights around various voltage levels lines,
- air service duties for emergency cases (quick approach to the point of failure or alternatively the possibility of quick identification of the point of failure),
- visualisation of the line route.

Further prospects for development of air services in Poland

Benefits obtained from performing inspections of top high voltage lines using helicopters are for example the following: cheaper scheduled and emergency inspections, quick identification of failure reasons, easier identification of risks, effective identification of disaster areas, thermovision of current connections for detecting points of potential damage as well as versatile visualisation of line routes and their surroundings, making immediate (although virtual) reconnaissance possible. Such benefits encourage further development of air services.

The need for development is also supported by the experience of the European network operators, who are well aware of benefits offered by operating networks with reduced necessity to disconnect electrical power devices.

However, in order to acquire proficiency and to achieve the technological level of the countries advanced in using this type of services, the scope of this technique, which is adequate to arising needs, as well as the abilities to control it as regards economy, must be gradually increased.

Helicopter support for live working processes

Apart from using helicopters for inspections carried out in order to assess the general condition of lines and to help make decisions about performing maintenance or repair work, helicopters may turn out to be an effective support for live working technique, making it possible to transport competent personnel to a given point quickly and, in particular, facilitating transport and supplies of equipment:

- various types of insulators and their auxiliaries,
- equipment for repairs of ground and working wires,
- elements of support construction – angle sections and sag rods,
- identification plates and safety tags,
- auxiliary equipment for live working, e.g. flagpoles,
- basic equipment for live working, e.g. used for replacement of insulators or of wire trucks.

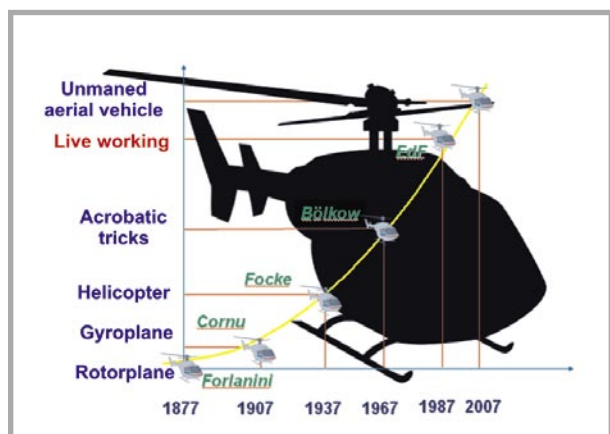


Fig. 1. Development of helicopter services in different applications – from gyroplane to unmanned aerial vehicle (B. Dudek)

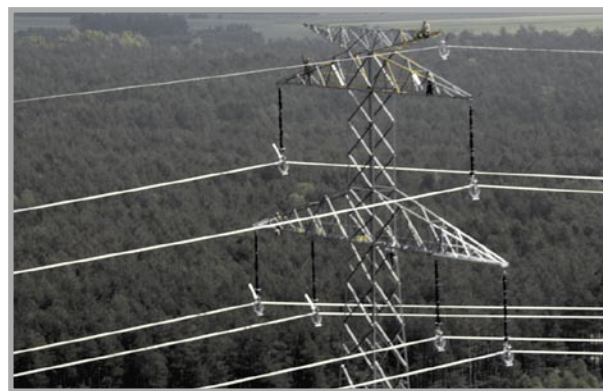
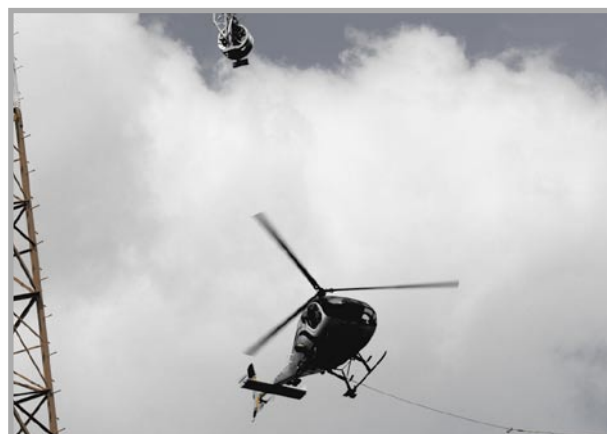


Fig. 2. The isolating ropes using to stringing conductor in line building over the forest area (E. Piechoczek)

Using this type of “air support” offers the benefit in the form of shorter time needed to reach a given point and often makes it possible to avoid problems connected with traditional entry to the area and causing damage (major or minor) of crop, resulting in compensation for damage.

It is also worth mentioning that there is a possibility of using unmanned small helicopters for observation and diagnostics of power lines and other objects (stations, dams) – such solutions were presented in Poland during the last national conference on live working, which took place in 2007 in Gdańsk (fig. 1).

Rewiring work supported by helicopter services

Essential development of overhead networks, e.g. maintained because of the requirements of environmental protection over forest complexes, the increase of networks transmission capacities as well as further use of optical waveguides lines make it necessary to perform work connected with line wires, ground and phase alike. The arising need of replacing working wires with high-temperature wires and replacing ground wires with optical ground wires (also replacing existing optical ground wires with a small number of optical fibres with optical ground wires with

a greater number of optical fibres) drew attention to the possibility of using helicopters when performing such types of work. Previous experience as regards lines construction is to be applied by means of using helicopter services on a wider scale.

In cooperation with a company which has been employing the technique of making crossings with live objects (e.g. lines of lower voltage levels, electrical railway traction) for many years, a decision has been made to use the technique of stringing ropes (which make it possible to hoist and pull wires without touching the ground) in order to construct lines over forest complexes (fig. 2). The experience gathered by the construction industry can be used during work performed on active lines requiring the replacement of ground wires with optical ground wires (fig. 3).

A longitudinal gate constructed of rollers suspended on a suspension strand, held in proper intervals by a distance cord serves as the basis for the technology (fig. 4).

Gate cords are properly selected as regards the tension force value required to keep the wire above the crossed object. If a crossed object is live, polypropylene cords are used as gate cords. The gate must be rolled out along the span above the crossed object and along the anchors on both sides of the span. The gate must be rolled out using the existing wire, provided that the element which is to be replaced is the wire or the chain of insulators to

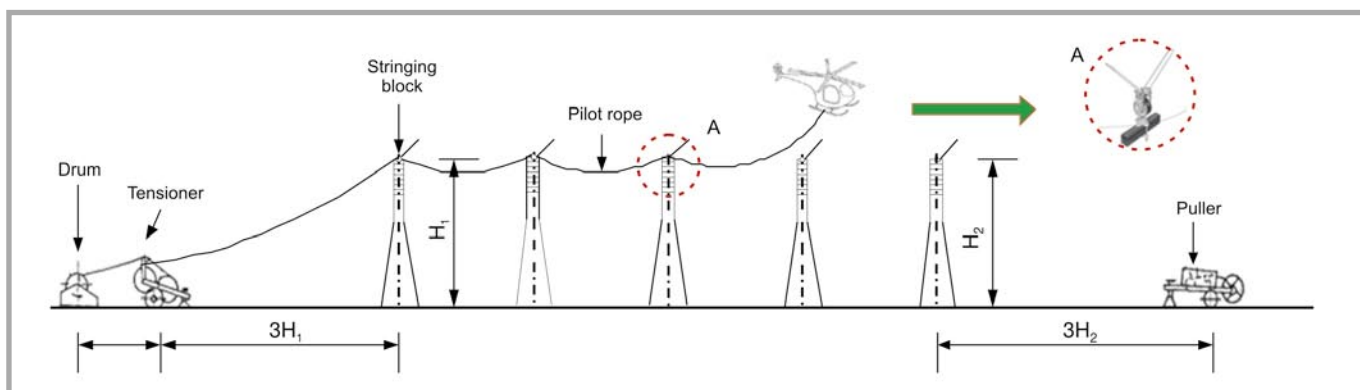


Fig. 3. The stringing conductor scheme with special cradle block to wire installing (K. Frymer)

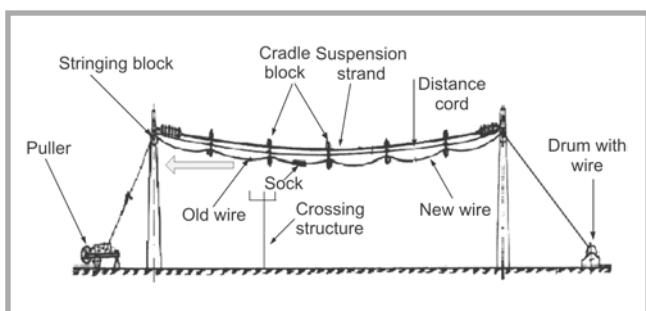


Fig. 4. Old wire replacement on energized crossing lines (J. Macetko)

which it is connected. In the event of installation of a new wire, the gate must be rolled out using a previously rolled out ascending cord. The gate may be rolled out using a self-propelled vehicle moving along the wire. The gate may also be rolled out by pulling the pilot cord, to which ends of gate cords are attached. After the gate has been rolled out, it must be anchored on both sides of the crossing span. Gate cords must be anchored to the crossbar located next to the replaced wire or to the ground after they have been placed on rollers suspended under the crossbar located next to the replaced wire.

On the one side of the span, gate cords must be anchored using tensing devices (tiffors). The tension of gate cords results in rotation of all gate rollers and in placing the wire or the ascending cord on roller pulleys. The wire rolls out or up on these roller pulleys. After the whole wire has been rolled out and sighted on its ends, anchor clamps must be pressed on the ground and suspended on pole crossbars. Using tiffors, gate cords must be loosened, which results in rotation of all gate rollers and in hanging the gate on a new wire. Ends of gate cords must be taken off the crossbar and attached to the end roller fixed on the wire. The gate is then rolled up along the wire and disassembled. The abovementioned technology has been used for crossings with active objects, including: motorways, major urban arteries, rivers, low-voltage electrical power lines, 15kV, 110 kV, 220 kV, railroad tracks, railway, tram and trolley bus traction.

Current application has proven that the described technology makes it possible to perform almost all types of work on overhead lines, without disconnecting the crossed objects, in a perfectly safe way. As a result, the technology has been positively assessed by the Institute of Power Engineering as well as by networks using companies.

The basic benefit offered by helicopter services developed in Poland is the adjustment to the need of uninterrupted operation of electrical power network objects, the possibility of performing comprehensive work in a short period of time, the decrease of labour consumption, which makes it possible to keep costs on a reasonable level (or even to reduce the operating costs) despite a higher price of services than in the case of traditional methods.

REFERENCES

- [1] Balawender A., Dudek B.: Piechoczek E.: Helicopter services for power lines system in Poland; ICOLIM 2002
- [2] Piechoczek E., Skomudek W.: Prowadzenie oględzin elektroenergetycznych linii napowietrznych z wykorzystaniem oblotów inspekcyjnych. *Energetyka*, Zeszyt tematyczny nr XIII, 2007 Międzynarodowa Konferencja N-T „Invention. Innowacyjność w elektroenergetyce”
- [3] Glatman E., Piechoczek E., Skomudek W.: Diagnostyka układu izolacyjnego i przewodów linii wysokiego napięcia. *Przegląd Elektrotechniczny* 2006, nr 1
- [4] Glatman E., Piechoczek E.: Nowa koncepcja eksploatacji linii wysokiego napięcia. *Energetyka* 2005 (wydanie specjalne – 50 lat Rejonu Wysokich Napięć w Opolu)
- [5] Gela G.: Using Helicopters to Service High Voltage Transmission Lines, Including Live-Line Work: The North American Experience, Materiały konferencyjne „Wykorzystanie usług lotniczych w eksploatacji sieci elektroenergetycznych”, Świerklaniec 1999
- [6] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Prace pod napięciem przy liniach 110, 220 i 400 kV. *Akademia Energetyki*. Sesja 7. Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych (wykład dwunasty), *Energetyka* 2006, nr 12
- [7] *ELBUD Katowice Sp. z o.o.*: Technologia bramki wzdłużnej prowadzenia prac na liniach napowietrznych ponad czynnymi obiektami krzyżowanymi, Katowice 2008
- [8] Kołakowski T., Dudek B.: Usługi śmigłowcowe – nowe doświadczenie energetyki. *Biuletyn Informacyjny PTPIREE* 1996
- [9] IEC TR 62263: 2005 Live working – Guidelines for the installation and maintenance of optical cabling on overhead Power lines



Bogumił Dudek – EPC SA
Michał Daszczyszak – AGH

Ocena ryzyka zawodowego przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych pod napięciem

Propozycja klasyfikacji technik utrzymania sieci

Na świecie, w krajach Unii Europejskiej, a także w Polsce jedną z najbardziej interesujących dziedzin umożliwiających stałą poprawę jakości zasilania jest bezwyłączeniowa technika utrzymania sieci, instalacji i urządzeń elektroenergetycznych i elektrycznych. Pracownikom obsługującym urządzenia zapewnia znacznie wyższe bezpieczeństwo pracy od metod tradycyjnych, a klientom, przedsiębiorcom korzystającym z tego nośnika energii daje komfort nowej jakości jej dostawy. Korzyści otrzymuje przedsiębiorstwo handlujące energią i operator sieciowy, który dysponuje nowymi możliwościami prowadzenia ruchu urządzeń.

Akty prawne obowiązujące w Polsce zezwalają na zastosowanie bezwyłączeniowych technik utrzymania sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych, elektroenergetycznych różnych poziomów napięć. Prace przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych, w zależności od zastosowanych metod i środków zapewniających bezpieczeństwo pracy, mogą być wykonywane:

- przy całkowicie wyłączonym napięciu,
- w pobliżu napięcia,
- pod napięciem¹⁾.

Projektowanie, produkcja, import, budowa oraz eksploatacja urządzeń, instalacji i sieci powinny zapewniać racjonalne i oszczędne zużycie paliw lub energii przy zachowaniu: niezawodności współdziałania z siecią; bezpieczeństwa obsługi i otoczenia po spełnieniu wymagań ochrony środowiska; zgodności z wymaganiami odrębnych przepisów, a w szczególności przepisów: prawa budowlanego, o ochronie przeciwporażeniowej, o ochronie przeciwpożarowej, o dozorcze technicznym, (...), Polskich Norm wprowadzonych do obowiązkowego stosowania lub innych przepisów wynikających z technologii wytwarzania energii i rodzaju stosowanego paliwa²⁾.

W Polsce od dnia 1 stycznia 2003 r. stosowanie Polskich Norm jest dobrowolne³⁾, nie oznacza to jednak swawoli, a przedsiębiorstwa coraz chętniej sięgają po znormalizowane wymagania, gdyż

ułatwiają one swobodniejszy transfer wyrobów i usług odgrywający coraz większą rolę w Unii Europejskiej. Przytoczone polskie zapisy prawne sprzyjają rozwojowi bezwyłączeniowych technik utrzymania, które przez swą naturę umożliwiają ich realizację prawie w dowolnym czasie.

Dotychczasowe osiągnięcia w technice prac pod napięciem oraz dorobek europejskich konferencji ICOLIM skłonił do zaproponowania sklasyfikowania bezwyłączeniowych technik utrzymania⁴⁾.

Bezwyłączeniową technikę utrzymania (patrz rys.1) w sposób naturalny wspiera technika prac w pobliżu napięcia (uwzględniając zarówno prace nieelektryczne jak i elektryczne). Pozostawiając na czas prac urządzenia czynne należy brać pod uwagę nową dziedzinę uwzględniającą prace w silnym polu elektromagnetycznym, generowanym przez urządzenia wysokonapięciowe.

W technice prac pod napięciem bezpośrednio do napraw sieci stosuje się kilka metod:

• Metoda pracy „w kontakcie”

Łatwość wykonywania prac, stosunkowo mało skomplikowana budowa narzędzi oraz materiałów izolacyjnych sprawiają, że metoda ta znajduje powszechne zastosowanie w sieciach do 1 kV, to jest: w liniach napowietrznych z przewodami gołymi lub izolowanymi, w liniach kablowych i urządzeniach rozdzielczych. W ograniczonym zakresie metoda ta może być stosowana na urządzeniach powyżej 1 kV, zwłaszcza od czasu wprowadzenia do użytku rękawic i rękawów dielektrycznych przeznaczonych do napięć do 36 kV. Praktycznie wszystkie czynności obsługowe na wszystkich typach urządzeń do 1 kV można wykonać pod napięciem.

• Metoda pracy „z odległości”

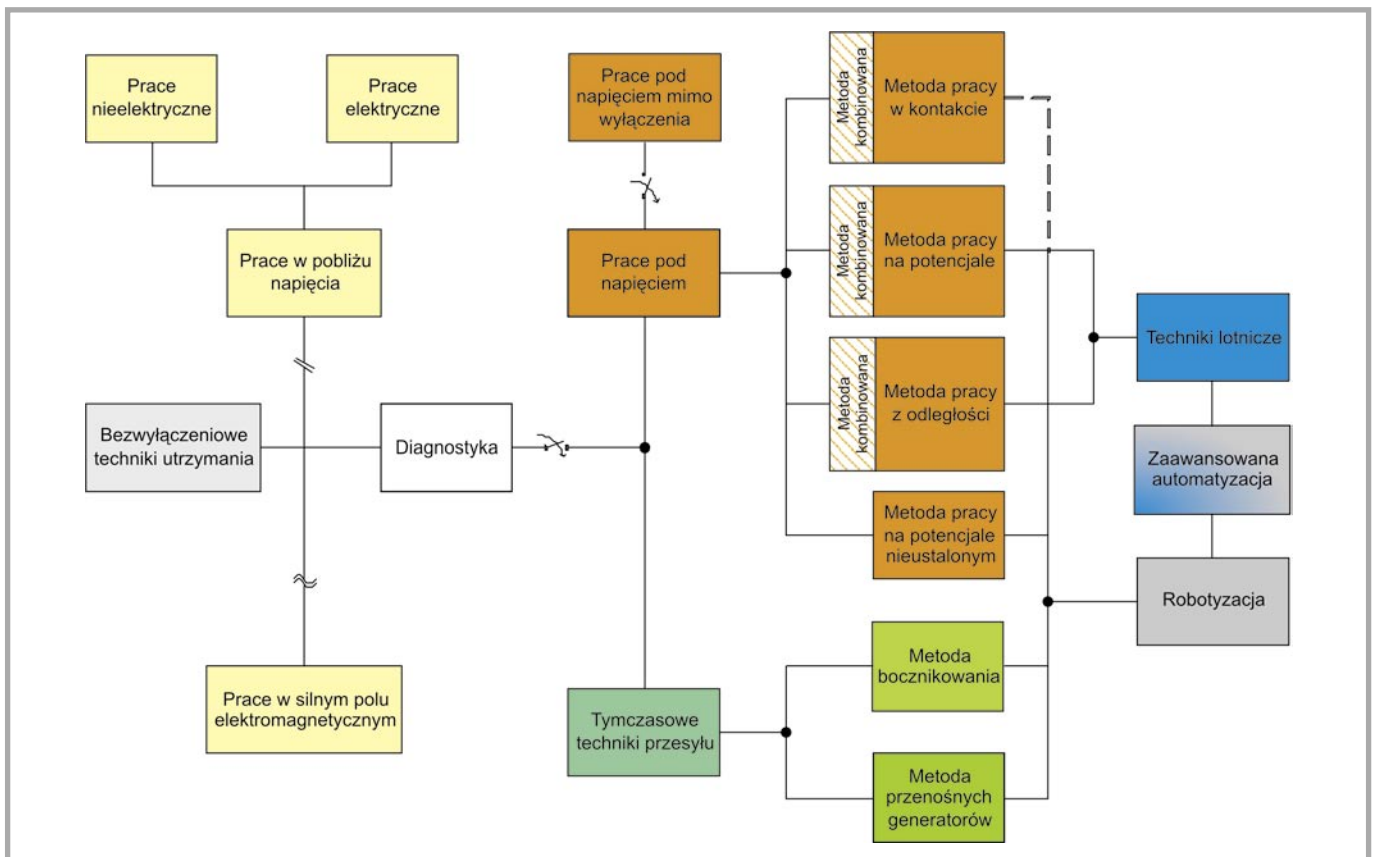
Metoda „z odległości” polega na wykonaniu pracy pod napięciem za pomocą narzędzi umieszczonych na drążkach izolacyjnych, przez pracownika pozostającego na potencjale ziemi. Metoda ta znajduje zastosowanie głównie w sieciach średnich i wysokich napięć. Stosowana jest przy konserwacji urządzeń elektrycznych pod napięciem na stacjach SN oraz w liniach

¹⁾ Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 17 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych (Dz.U. nr 80, poz. 912) – § 55. 1.

²⁾ Prawo energetyczne, rozdział 6 Urządzenia, instalacje, sieci i ich eksploatacja – art. 51

³⁾ Ustawa o normalizacji (Dz. U. 2002, nr 169, poz. 1386)

⁴⁾ Pewne próby klasyfikowania technik eksploatacji odnotowano w opracowaniach: Hizen Y., Mori H., Yakabe H., Maruyama Y., Maki K.: Development of a robot for Live Working, ICOLIM 1994, t.3 str. 87 – 94 oraz: Maruyama Y., Maki K., Mori H.: A Hot-Line Manipulator Remotely Operated by the Operator on the Ground, ESMO 1993, str. 437-444



Rys. 1. Propozycja klasyfikacji metod eksploatacji sieci elektroenergetycznej bezwyłączeniowymi technikami utrzymania, z wyróżnieniem techniki prac pod napięciem (B. Dudek)

napowietrznych SN do przyłączania odgałęzień, konserwacji odłączników i wymianie izolacji przy użyciu drążków izolacyjnych oraz w liniach niskiego napięcia do trwałego odłączenia odgałęzienia przez odcięcie przewodów. Umiejętne posługiwanie się tą metodą może być wykorzystane przez służby ratownicze, które bez oczekiwania na przyjazd pogotowia energetycznego mogą skutecznie rozpocząć akcję ratowniczą wymagającą uwolnienia obiektu od napięcia (choć muszą być specjalistycznie przeszkoleni).

• **Metoda pracy „na potencjale”**

Metoda pracy „na potencjale” polega na odizolowaniu pracownika od potencjału ziemi i innych potencjałów niż on sam posiada. Warunek ten może być spełniony w liniach napowietrznych i stacjach najwyższych napięć, gdzie odległości pomiędzy przewodami różnych faz oraz pomiędzy częściami linii posiadającymi różne potencjały są wystarczająco duże. Odizolowanie osiąga się na różne sposoby, najczęściej są to podnośniki z ramieniem izolacyjnym, drabiny i wieże, kładki i żurawiki izolacyjne; często do zapewnienia odstępów izolacyjnych stosuje się izolatory kompozytowe i liny izolacyjne.

Rzadziej wymienia się dwie inne metody.

• **Metoda pracy „kombinowana”**

Metoda kombinacji trzech metod polega na wykonywaniu czynności składających się na zabieg eksploatacyjny według zasad pracy metodą w kontakcie, z odległości i na potencjale.

Metoda ta polega na wykorzystaniu elementów trzech różnych metod (w dowolnej kolejności) w jednym procesie pracy.

• **Metoda pracy „z potencjału nieustalonego”**

Metoda stosowana głównie w sieci przesyłowej. Jej podstawową zaletą jest możliwość użycia krótszych drążków niż w metodzie pracy z odległości. Prace pod napięciem można zastosować także podczas mimowolnego wyłączenia sieci, a nawet celowego, o ile kultura organizacyjna eksploatacji sieci na to pozwala.

Zastosowanie metod prac pod napięciem w sieciach o różnych poziomach napięć zestawiono w tabeli 1.

Oprócz techniki prac pod napięciem drugim ważnym obszarem zastosowań są tymczasowe techniki przesyłowe. Składają się na nie różne typy boczniowania i użycie przenośnych generatorów i/lub przewodnych pól. Metody te znane są z rozwiązań stosowanych w stanach beznapięciowych, np. stacje przesyłowe wyposażane są w Polsce w tzw. szyny, mosty obejściowe, a urządzenia niższych napięć w różnego typu by-passy serwisowe. W bezwyłączeniowych technikach utrzymania boczniaki są stosowane zarówno do aparatury stacyjnej, nawet 400 kV, umożliwiając ich przeglądy, naprawy, jak i linii napowietrznych przesyłowych, ułatwiając np. wymianę mostków. Na niższych poziomach napięcia stosuje się przenośne linie kablowe podpinane i odpinane w trakcie pracy lub stosowane z wykorzystaniem bardzo krótkich przerw.

Tabela 1

Możliwości realizacji prac na urządzeniach elektroenergetycznych, bezwyłączeniowe – pod napięciem (B. Dudek)

Metoda/obiekt	Urządzenia elektroenergetyczne i elektryczne					
	sieć dystrybucyjna			sieć przesyłowa		
	instalacje	sieć przemysłowa				
		do 1 kV	1-30 kV	110 kV	220 kV	400 kV
Praca w pobliżu napięcia	+	+	+	+	+	+
Praca w silnym polu elektrycznym	- ¹⁾	-	-	+	+	+
Diagnostyka	+	+	+	+	+	+
Prace pod napięciem	+	+	+	+	+	+
- w kontakcie	+	+	-	-	-	-
- z odległości	+	+	+	-	-	-
- na potencjale	-	-	+	+	+	+
- kombinowana	-	+	-	-	-	-
- na potencjale nieustalonym	-	-	-	+	+	+
Prace pod napięciem mimo wyłączenia	+	+	+	+	+	+
Tymczasowe techniki przesyłu	+	+	+	+	+	-
- bocznikowanie	+	+	+	+	+	-
- przenośne generatory, przewoźne pola	+	+	+	-	-	-
Techniki lotnicze	-	- ²⁾	+	+	+	+
Robotyzacja	+	+	+	+	+	+
Automatyzacja zaawansowana	+	+	+	+	+	+

¹⁾ W niektórych rozwiązaniach przemysłowych urządzeń elektrycznych może występować silne pole magnetyczne

²⁾ Nie wyklucza to specjalnych zastosowań

Użycie przenośnych generatorów znane przede wszystkim z agregatów prądotwórczych służy jako podstawa budowy systemów zasilania gwarantowanego uzupełnianego bateriami akumulatorów. Na świecie metody przenośnych generatorów i przewoźnych pól mają znacznie szersze spektrum zastosowań. Problematyka dynamicznie na świecie rozwijającej się robotyzacji jest zagadnieniem nowym, które warto aktywnie obserwować. Doświadczenia krajów europejskich: Hiszpanii, Francji, Włoch oraz krajów z innych kontynentów: USA, Kanady, Japonii, Brazylii czy Argentyny wskazują, że jest to nowa interesująca dziedzina, której pierwsze zastosowania dają wymierne korzyści energetyczne. Podobnie zastosowanie technik lotniczych stosowanych przez lata w energetyce jako cenne uzupełnienie technik budowlanych,

Tabela 2

Definicje pojęć bezwyłączeniowych technik utrzymania sieci elektroenergetycznej

Pojęcie	Definicja	Pojęcia pomocnicze (ew. uwaga)
Praca w pobliżu napięcia	prace w pobliżu napięcia p. 3.4.5 - EN 50110-1:2004	strefa w pobliżu napięcia p. 3.3.3 - EN 50110-1:2004 prace nieelektryczne p. 3.4.3 - EN 50110-1:2004 oraz także p. 6.4, aneks A.2
Praca w silnym polu elektrycznym	w autorskim pracowaniu	oddziaływanie indukcyjne p. 6.1.1 - EN 50110-1:2004
Diagnostyka	w autorskim pracowaniu	
Prace pod napięciem	prace pod napięciem p. 3.4.4 - EN 50110-1:2004	strefa prac pod napięciem p. 3.3.2 - EN 50110-1:2004 oraz także p. 6.3, aneks A.1
- w kontakcie	praca w kontakcie p. 6.3.4.2 - EN 50110-1:2004	
- z odległości	praca z odległości p. 6.3.4.1 - EN 50110-1:2004	
- na potencjale	praca na potencjale p. 6.3.4.3 - EN 50110-1:2004	
- kombinowana	w autorskim opracowaniu	
- na potencjale nieustalonym	w autorskim opracowaniu	
Prace pod napięciem mimo wyłączenia	w autorskim opracowaniu	stan wyłączenia napięcia p. 3.4.7 - EN 50110-1:2004 prace po wyłączeniu napięcia p. 3.4.8 - EN 50110-1:2004
Tymczasowe techniki przesyłu	w autorskim opracowaniu	
- bocznikowanie	w autorskim opracowaniu	
- przenośne generatory, przewoźne pola	w autorskim opracowaniu	
Techniki lotnicze	w autorskim opracowaniu	
Robotyzacja	w autorskim opracowaniu	
Zaawansowana automatyzacja	w autorskim pracowaniu	

od 1994 roku jest sukcesywnie rozwijane w zakresie regularnych inspekcji, zwłaszcza sieci przesyłowej, jej diagnostyki, w celach projektowych, a także wspomagania procesów eksploatacji.

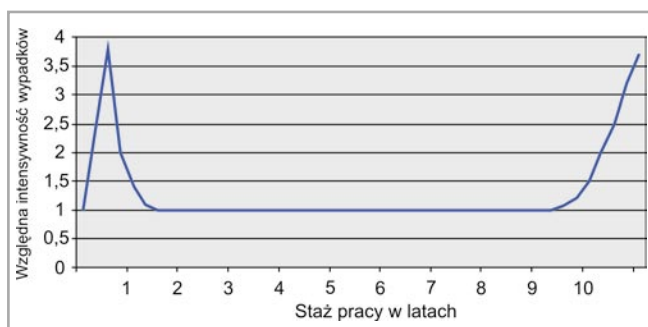
Ostatnio oprócz tradycyjnych śmigłowców przygotowuje się zastosowanie małych bezzałogowych wersji. Uzupełnieniem tych technik jest zespolenie ich zalet w metodę *zaawansowanej automatyzacji* prezentowanej na konferencjach ICOLIM, np. w postaci śmigłowców z automatami do zakładania kul ostrzegawczych na przewodach linii elektroenergetycznych.

Ocena ryzyka zawodowego w świetle obowiązującego prawa

Dla omówionych technik obowiązuje także konieczność oceny ryzyka zawodowego. Unia Europejska wykazuje dużą aktywność w zakresie tworzenia prawa regulującego zagadnienia ochrony zdrowia pracowników. W dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy szczególne miejsce zajmuje dyrektywa 89/391/EWG, zwana Dyrektywą Ramową. Ze względu na swoją treść i zasięg stanowi ona jeden z filarów polityki społecznej UE.

Celem tej dyrektywy jest wprowadzenie środków stymulujących do działania w celu poprawy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników podczas pracy. Podobnie jak prawo polskie, Dyrektywa Ramowa nakłada na pracodawcę odpowiedzialność za zapewnienie pracownikom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Dyrektywa ta wymusza na polskim prawie wprowadzenie minimalnych wymagań, które każde z państw członkowskich musi spełnić, bądź wprowadzenie swoich, bardziej zaostrzonych przepisów. 2 lutego 1996 roku nastąpiła w Polsce nowelizacja *Kodeksu pracy*, a zwłaszcza Działu X Bezpieczeństwo i higiena pracy, dotycząca dostosowania naszych przepisów do przepisów Unii Europejskiej. Między innymi został wprowadzony obowiązek „oceny ryzyka zawodowego” i dokumentowania wyników tej oceny oraz utworzenia komisji bhp jako organu doradczego pracodawcy. Wprowadzony został także obowiązek informowania przez pracodawcę pracownika o ryzyku związanym z wykonywaną pracą. Ocena ryzyka zawodowego jest podstawowym elementem procesu tworzenia systemu zarządzania bezpieczeństwem pracy w zakładzie.

Ocena ryzyka zawodowego jest, zgodnie z wymaganiami przepisów prawa, jedynym z obowiązków pracodawcy. Jej głównym celem jest zapewnienie poprawy warunków pracy oraz ochrony życia i zdrowia pracowników. Ocenę ryzyka zawodowego przeprowadza się w sposób usystematyzowany i postrzega ją jako proces ciągły, dający podstawy do poprawy warunków pracy. W organizacji natomiast zwiększa się świadomość występujących zagrożeń. Proces ustalania poziomu bezpieczeństwa w zakładzie pracy wiąże się z oceną ryzyka miejsca pracy, a co za tym idzie analizy tego ryzyka pod względem szkodliwości dla pracowników i kosztów ponoszonych w przypadku różnych następstw losowych.



Rys. 2. Zależność względnej intensywności wypadków w kwartałach od stażu pracy pracownika (M. Daszczyński)

Ocena ryzyka zawodowego pracowników energetyki

Podstawowym elementem przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego jest identyfikacja zagrożeń na samym stanowisku pracy. W każdym przypadku należy sprawdzić czy wszystkie zagrożenia zostały zidentyfikowane i czy informacje dostępne na ich temat są wystarczające do oceny ryzyka zawodowego. Przykładowo:

- prąd elektryczny, kontakt z prądem elektrycznym – porażenie pracownika;
- praca na wysokości, upadek z wysokości – uraz pracownika;
- hałas, kontakt z hałasem – głuchota zawodowa;
- ostre narzędzia, dotknięcie ręką – uraz ręki;
- ruchome części maszyn, kontakt pracownika z będącą w ruchu częścią maszyny – uraz pracownika;
- turbina elektryczna, urwanie się turbiny – poważne straty materialne oraz ewentualne urazy pracowników.

Istotnym elementem oceny jest informacją o samych pracownikach, którzy pracują na ocenianym stanowisku pracy. Na rysunku 2 przedstawiono w sposób poglądowy zależność względnej intensywności wypadków od stażu pracy pracownika.

Na podstawie badań statystycznych wypadków stwierdzić można, że najczęściej wypadkom ulegają pracownicy „młodzi”, tzn. bez należytego doświadczenia zawodowego oraz pracownicy którzy pracują w branży 10 i więcej lat, wtedy to uwidoczni się rutyna lub też tzw. wypalenie zawodowe. Niezbędne więc wydaje się, w celu poprawy bezpieczeństwa w firmie, a co za tym idzie zmniejszenia wypadków zawodowych:

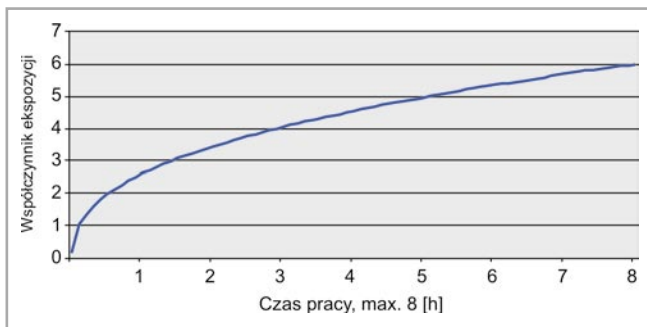
- intensywne i efektywne szkolenie młodych pracowników przez doświadczonych pracowników – mistrzów-nauczycieli,
- przemieszczenie pracowników starszych na inne, mniej niebezpieczne stanowiska lub przeprowadzenie dodatkowego specjalistycznego szkolenia po odbyciu badań psychologicznych przez pracownika.

Bezpośrednia ocena ryzyka zawodowego opiera się na trzech podstawowych parametrach (metoda oceny ryzyka RISK SCORE):

- S** – potencjalne skutki, dotyczące strat ludzkich i materialnych,
- P** – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia dla pracownika,
- W** – czas ekspozycji oddziaływania szkodliwych czynników na pracownika.

Na pierwszy parametr **S** pracodawca praktycznie nie ma wpływu. Przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych należy przyjąć, że potencjalnym skutkiem wypadku będzie śmierć pracownika. Kolejnym parametrem metody jest prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia dla pracownika **P**. Poziom tego prawdopodobieństwa wynika ze statystyk prowadzonych dla danej branży czy nawet dla wyspecjalizowanych grup pracowniczych, np. monterów wykonujących prace pod napięciem. Według statystyki wypadków można stwierdzić, że wartość prawdopodobieństwa wypadku pracownika (montera) pracującego przy całkowicie

wyłączonym napięciu jest znacznie większa niż wartość prawdopodobieństwa wypadku pracownika (montera) pracującego pod napięciem! Informacja ta powinna skłonić pracodawców do tego aby większość prac, przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych była wykonywana pod napięciem. Pracodawca może również dodatkowo wpłynąć na obniżenie prawdopodobieństwa **P** w swojej firmie poprzez stosowanie odpowiedniej polityki kadrowo-szkoleniowej (wspomniano o tym wcześniej).



Rys. 3. Wartość współczynnika ekspozycji w zależności od czasu pracy (M. Daszczyżak)

Kolejnym bardzo istotnym parametrem, na który pracodawca ma już znaczący wpływ, jest **W** – współczynnik czasu ekspozycji oddziaływania szkodliwych czynników na pracownika. Na rysunku 3. przedstawiono zależność wartości współczynnika ekspozycji w zależności od czasu pracy, tzn. przebywania pracownika przy elektroenergetycznym urządzeniu pod napięciem. Funkcja o postaci $A \cdot t^B$ (rys. 3) została wyznaczona na podstawie aproksymacji wartości współczynnika ekspozycji w zależności od czasu pracy, które zostały podane w parametrycznej metodzie RISK SCORE (*A* i *B* to stałe, *t* to czas ekspozycji):

$$W = 2,6 \cdot t^{0,4}$$

lub:

$$t = 0,1 \cdot W^{2,4}$$

W wyniku przeprowadzonej analizy, dla wybranych dwóch charakterystycznych wariantów:

- I) **S** – śmierć pracownika ($S = 15$) oraz **P** – prawdopodobieństwo możliwe do zaistnienia ($P = 0,5$; prawdopodobieństwo wystąpienia 10^{-4}) – wartość prawdopodobieństwa wypadku pracownika (montera) pracującego przy całkowicie wyłączonym napięciu, na podstawie statystyki wypadków,
- II) **S** – śmierć pracownika ($S = 15$), **P** – prawdopodobieństwo praktycznie możliwe $P = 0,2$ prawdopodobieństwo wystąpienia 10^{-5}) – wartość prawdopodobieństwa wypadku pracownika (montera) pracującego pod napięciem, na podstawie statystyki wypadków, wyznaczono oczekiwany czas ekspozycji *t*, taki aby wartość ryzyka zawodowego **R** była pomijalna (bezwzględnie akceptowana, tzn. $R \leq 20$):

$$R = S \cdot P \cdot W \leq 20$$

Dla I wariantu oczekiwany czas ekspozycji $t = 1$ [h], natomiast dla II wariantu oczekiwany czas ekspozycji $t = 8$ [h] (tzn. parametr **W** = 6).

Zatem:

1. Ryzyko zawodowe pracy wykonywanej przy urządzeniach elektroenergetycznych pod napięciem jest znacznie mniejsze niż ryzyko zawodowe pracy wykonywanej przy urządzeniach elektroenergetycznych, przy całkowicie wyłączonym napięciu.
2. Ryzyko zawodowe pracy wykonywanej przy urządzeniach elektroenergetycznych pod napięciem jest bezwarunkowo akceptowane (ryzyko zawodowe jest pomijalne), nawet przy pełnym, 8-godzinnym wymiarze pracy.

Podsumowanie

W zależności od warunków potrzebnych do realizacji pracy ryzyko wykonania ich może być większe, co powoduje konieczność podjęcia środków redukujących to ryzyko. Z drugiej strony oszacowanie ryzyka jako małe może nie narzucać pewnych form organizacyjnych PPN, co sprzyja ułatwieniu procesu realizacji robót. Elementy składowe ryzyka w zależności od proponowanych metod mogą być oceniane odrębnie, np. wyznaczanie bezpiecznych odległości, określanie czasu przebywania w polu elektrycznym lub magnetycznym, oddziaływania elektrostatyczne, natężenie prądu w rozłączanym obwodzie itp. Wyznaczanie poziomu ryzyka wpływa na konieczność uznania granicznych wartości matematycznych dla oddziaływań różnych czynników. Wówczas dla wybranych technologii i metod prac pod napięciem można zaproponować racjonalny dobór środków minimalizujących ryzyko. Zatem należy oczekiwać rozwinięcia się proponowanej metodologii oceny ryzyka zawodowego dla różnych metod eksploatacji. Wydaje się, że dobrą inicjatywą będzie opracowanie kryteriów i wspólnej metodologii oceny ryzyka zawodowego dla pracowników eksploatujących urządzenia elektroenergetyczne, zwłaszcza pozostających pod napięciem.

LITERATURA

- [1] Dąbrowski J., Dudek B.: Identification des dangers et analyse des risques lors de travaux effectués sous tension. ICOLIM 1998
- [2] Hizen Y., Mori H., Yakabe H., Maruyama Y., Maki K.: Development of a robot for Live Working. ICOLIM 1994, t. 3 s. 87-94
- [3] Maruyama Y., Maki K., Mori H.: A Hot-Line Manipulator Remotely Operated by the Operator on the Ground, ESMO 1993, s. 437-444
- [4] Dudek B., Mastyk E., Wiśniewski W., Wójcik M.: Developpement des travaux sous tension sue les reseaux electriques en Pologne; ICOLIM 1992
- [5] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Sesja 7. Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych. *Akademia Energetyki* (20 wykładów). *Energetyka* 2005, nr 11 do *Energetyka* 2007, nr 12
- [6] Daszczyżak M.: Ocena ryzyka zawodowego przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. *Energetyka* 2005, nr 1, s. 28-31
- [7] Daszczyżak M.: Zwarcia w systemie elektroenergetycznym a bezpieczeństwo personelu w świetle wymagań wynikających z wejścia Polski do Unii Europejskiej. *Energetyka* 2005, nr 1, s. 32-34
- [8] Kinney G. F., Wiruth A. D.: Practical Risk Analysis for Safety Management, Naval Weapons Center, China Lake, 1976



Bogumił Dudek – EPC SA
Michał Daszczyszak – AGH

Occupational Risk Assessment of Operating Live Electrical Power Devices

Proposal of network maintenance techniques classification

According to the current experience worldwide, in the European Union countries and in Poland, outage-free maintenance technique for networks, installations as well as for electrical power and electrical devices is one of the most interesting domains which make constant improvement of power quality possible. Thanks to the outage-free maintenance technique, workers who operate devices are guaranteed greater safety than when employing traditional methods, while customers and entrepreneurs using this energy carrier enjoy the comfort resulting from the new quality of the supplied energy. This technique offers benefits both to the energy-selling company and to the network operator, who can use new possibilities of operating device networks.

Legal acts binding in Poland allow using outage-free maintenance techniques for networks, installations as well as for electrical and electrical power devices of various voltage levels. Work with electrical power devices and installations can be performed in the following conditions, depending on the used methods and on the measures implemented for ensuring work safety:

- work on dead devices,
- work in the vicinity of live parts,
- live working¹⁾.

Designing, production, import, construction and operation of devices, installations and networks should guarantee reasonable and economical use of fuels or energy, at the same time ensuring the following elements: reliability as regards cooperation with the network; operational safety and safety for the surrounding area, having met the environmental protection requirements; compliance with the requirements stipulated in separate provisions, especially the following ones: construction law provisions, provisions of law on protection against electric shock, provisions of fire protection law, (...), provisions of Polish Standards introduced as obligatory or any other provisions resulting from the energy-producing technology and from the type of fuel used²⁾.

Since January 1, 2003, observing Polish Standards in Poland is voluntary³⁾ but this does not result in lawlessness, as companies

are more and more willing to operate in accordance with standardised requirements. Such requirements facilitate freer transfer of products and services, which is constantly gaining importance within the European Union. Polish legal provisions which have been mentioned are conducive to the development of outage-free maintenance techniques. Such techniques, thanks to their nature, can be employed at almost any time.

Previous achievements as regards the live working technique as well as the achievements of European conferences ICOLIM resulted in the proposal of outage-free maintenance techniques classification.⁴⁾

The outage-free maintenance technique (see fig. 1) is naturally supported by the technique of work in the vicinity of live parts (including both non-electrical and electrical work). When leaving devices active during work, a new domain including work in intense electromagnetic fields generated by high-voltage devices must be taken into consideration.

There are several methods directly used during network repair work within the live working technique:

• Insulating glove working

The possibility of performing work with ease and a relatively uncomplicated construction of tools and insulating materials make this method widely used in networks of up to 1 kV voltage, such as: overhead lines with bare or insulated wires, cable lines and distribution devices. Within a limited scope, this method can also be used in the case of devices of more than 1 kV voltage, especially since dielectric gloves and sleeves designed for voltages of up to 36 kV have been introduced. Practically all servicing activities on all device types of up to 1 kV voltage can be performed live.

• Hot stick working

Hot stick working consists in live work performed by a worker staying at the earth potential, using tools fixed on insulating sticks. This method is employed mostly in the case of medium and high voltage networks. It is used during the maintenance of live electrical devices within medium voltage stations, in the case of medium voltage overhead lines when connecting branches, maintaining disconnecting switches and replacing insulation using insulating sticks as well as in the case of low voltage lines, in order to disconnect a given branch permanently by means of

¹⁾ Resolution of Minister of Economy of September 17, 1999 on safety and hygiene at work during operation of power devices and installations (Dz. U. [Journal of Laws] No. 80, item 912) - § 55.1.

²⁾ Power Law, chapter 6 – Devices, installations, networks and their operation, article 51

³⁾ Act on Standardization (Dz. U. 2002, nr 169, poz. 1386)

⁴⁾ Some attempts to classify operating techniques can be found in the following studies: Hizen Y., Mori H., Yakabe H., Maruyama Y., Maki K.: Development of a robot for Live Working, ICOLIM 1994, vol.3 pp. 87 – 94 and: Maruyama Y., Maki K., Mori H.: A Hot-Line Manipulator Remotely Operated by the Operator on the Ground, ESMO 1993, pp. 437-444

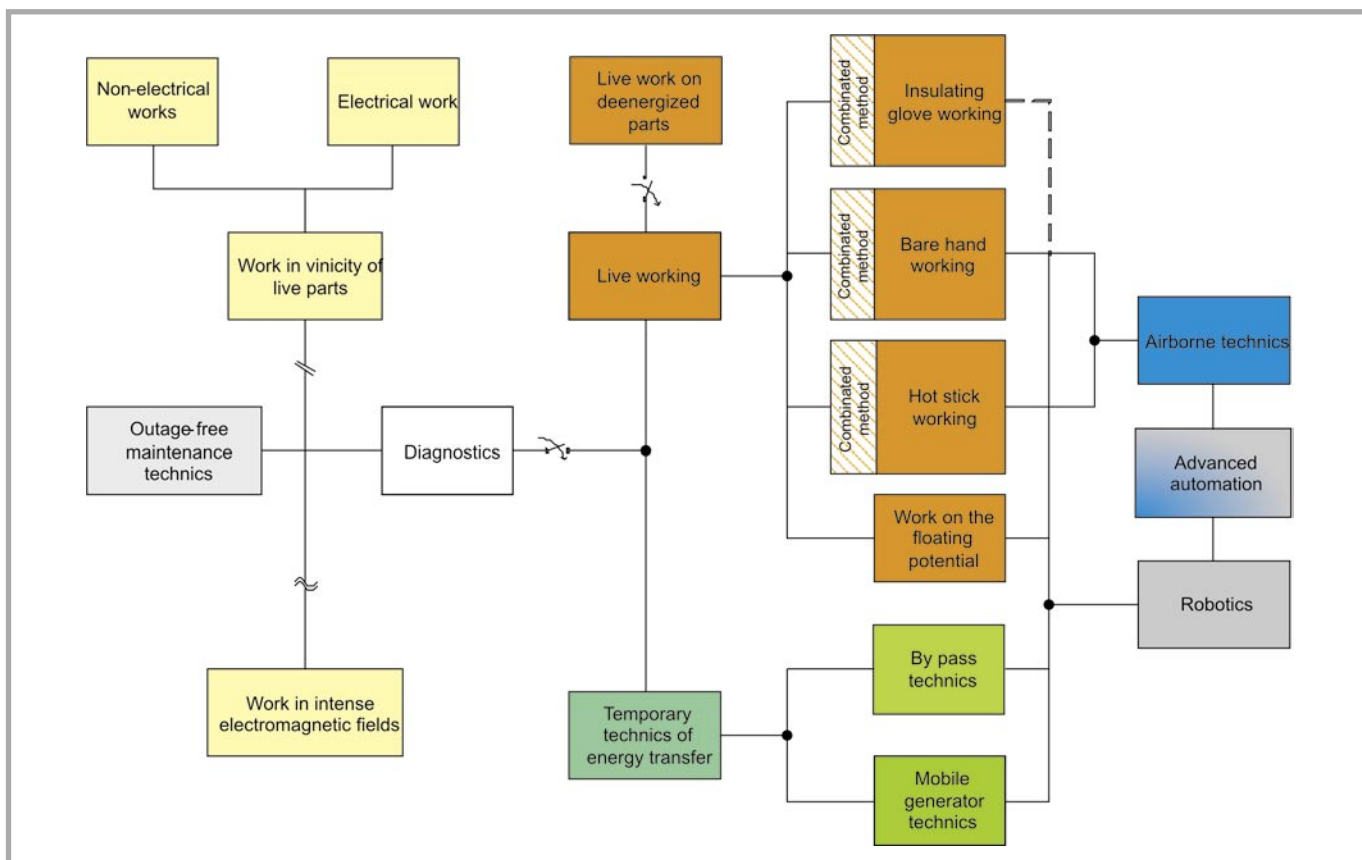


Fig. 1 Proposal of the classification of electrical and power network operation methods using outage-free maintenance techniques, with the live working technique specified (B. Dudek)

cutting the wires off. When applied in a skilful manner, this method can be used by members of life saving services, who do not have to wait for the power emergency service to come and can effectively commence the rescue operation requiring the object to be deenergised (although members of such services must undergo special training).

- **Bare hand working**

The bare hand working method consists in isolating the worker from the earth potential and from other potentials different than his own. This condition can be fulfilled in the case of overhead lines and highest voltage stations, where distances between wires of various phases and between line parts of different potentials are large enough. Isolation can be achieved in various ways, most often by using elevators with an insulated arm, ladders and towers, insulating footbridges and davits. In order to provide isolating clearance, composite insulators and insulating ropes are often used. Two other methods are also possible, although they are rarely mentioned:

- **Combined method**

This is a method combining 3 other methods. It consists in performing activities which constitute the operation process according to the principles of insulating glove working, hot stick working and bare hand working. This method involves using elements of all three different methods (in any order) in one working process.

- **Work on the floating potential**

This method is used mostly for transmission networks. Its main advantage consists in the possibility of using shorter sticks than in the case of hot stick working. Live working can be performed also if the network has been unintentionally switched off, or even in the case of intentional switching off, as long as the organisational culture of the network allows it.

Application of live working methods in networks of various voltage levels is presented in table 1.

Apart from live working techniques, temporary transmission techniques also serve as an important area of application. These techniques include various types of shunting as well as using mobile generators and/or transportable fields. Such methods are known thanks to solutions used in voltage-off states, e.g. in Poland, transmission stations are equipped with the so-called rails and by-pass bridges, while lower voltage devices are equipped with service by-passes of various types. In outage-free maintenance techniques, shunts are used both in the case of station equipment of up to 400 kV, making surveys or repair work of such equipment possible, and in the case of overhead transmission lines, e.g. in order to facilitate replacement of bridges. When performing work on lower voltage levels, portable cable lines are used in two ways: they are either connected and disconnected during work or they are used in very short intervals. Mobile generators,

Table 1
 Possibilities of performing work on electrical power devices;
 outage-free – live (B. Dudek)

Method/object	Electrical power and electrical devices					
	Distribution network			Transmission network		
	installations	industrial network				
	up to 1 kV	1-30 kV	110 kV	220 kV	400 kV	750 kV
Work in the vicinity of live parts	+	+	+	+	+	+
Work in intense electromagnetic fields	– ¹⁾	–	–	+	+	+
Diagnostics	+	+	+	+	+	+
Live working	+	+	+	+	+	+
– insulating glove working	+	+	–	–	–	–
– hot stick working	+	+	+	–	–	–
– bare hand working	–	–	+	+	+	+
– combined method	–	+	–	–	–	–
– work on the floating potential	–	–	–	+	+	+
Live work on deenergised parts	+	+	+	+	+	+
Temporary transmission techniques	+	+	+	+	+	–
– shunting	+	+	+	+	+	–
– mobile generators, transportable fields	+	+	+	–	–	–
Air techniques	–	– ²⁾	+	+	+	+
Robotisation	+	+	+	+	+	+
Advanced automation	+	+	+	+	+	+

¹⁾ In the case of some industrial solutions regarding electrical devices, an intense magnetic field can occur

²⁾ Special applications are not excluded

which are known first of all thanks to power generators, are used as the basis for construction of backed up power supply systems, fed by a battery pack. Mobile generators and transportable fields have a wider range of applications worldwide.

The problem of robotisation, which is subject to dynamic development worldwide, is a new issue which should be actively observed. The experience of European countries, such as Spain, France and Italy and the experience of countries from other continents, such as the USA, Canada, Japan, Brazil or Argentina, show that this is a new and an interesting domain which begins to provide the power industry with measurable benefits. Similarly, application of air techniques, which have been used in the power industry for many years as an important complement

Table 2
 Definitions of terms related to outage-free electrical power network maintenance techniques

Term	Definition	Auxiliary terms (or comments)
Work in the vicinity of live parts	work in the vicinity of live parts item 3.4.5 - EN 50110-1:2004	zone located in the vicinity of live parts item 3.3.3 - EN 50110-1:2004 non-electrical work EN 50110-1:2004 – item 3.4.3 and item 6.4, annex A.2
Work in intense electromagnetic fields	authorial study	inductive interaction item 6.1.1 - EN 50110-1:2004
Diagnostics	authorial study	
Live working	live working item 3.4.4 - EN 50110-1:2004	live working zone EN 50110-1:2004 – item 3.3.2 and item 6.3, annex A.1
– insulating glove working	– insulating glove working item 6.3.4.2 - EN 50110-1:2004	
– hot stick working	– hot stick working item 6.3.4.1 - EN 50110-1:2004	
– bare hand working	– bare hand working item 6.3.4.3 - EN 50110-1:2004	
– combined method	authorial study	
– work on the floating potential	authorial study	
Live work on deenergised parts	authorial study	voltage-off state item 3.4.7 - EN 50110-1:2004 work on deenergised parts item 3.4.8 - EN 50110-1:2004
Temporary transmission techniques	authorial study	
– shunting	authorial study	
– mobile generators, transportable fields	authorial study	
Air techniques	authorial study	
Robotisation	authorial study	
Advanced automation	authorial study	

to construction techniques, has been gradually extended since 1994 by performing regular inspections, in particular inspections of transmission networks, and by performing transmission networks diagnostics for design purposes and in order to support operation processes. Recently, apart from using traditional types, small unmanned helicopters are being prepared for use. These techniques can be complemented by means of joining advantages they offer in the advanced automation method, presented during ICOLIM conferences. Helicopters equipped with automatic machines for installing warning spheres on electrical power lines can serve as an example of this method.

Occupational risk assessment in the light of the binding law

The techniques discussed above require the occupational risk assessment to be carried out. The European Union is very active as regards creation of the law regulating the issue of occupational health protection. The Directive 89/391/EEC, called the Framework Directive, is of special importance within the field of safety and hygiene at work. Considering its contents and range, it is one of the pillars of the EU social policy. The aim of this Directive is to introduce measures which would encourage improvements in the field of safety and health protection of workers at work. Similarly to Polish law, the Framework Directive makes employers responsible for ensuring the safety and health protection of their workers. This Directive obliges the Polish law either to introduce minimum requirements, which must be fulfilled by all Member States, or to introduce its own, tighter regulations. On February 2, 1996, the Polish Labour Code was amended, especially Division Ten – Safety and Hygiene at Work. The introduced amendment was connected with the adaptation of Polish regulations to regulations of the European Union. Among other provisions, the following obligations have been introduced: to perform the “occupational risk assessment”, to document the results of this assessment and to establish the Commission for Safety and Hygiene at Work as the employer’s advisory body. According to the amended Code, the employer is also obliged to inform his workers about risks involved in the work performed. The occupational risk assessment is the basic element of the process designed to create the system of occupational safety management within the plant.

According to legal requirements, the occupational risk assessment is one of the employer’s duties. The main objective of the assessment is to ensure improvements in the field of working conditions and life and health protection of workers. The occupational risk assessment is carried out in a systematised manner. It is also perceived to be a constant process which provides the basis for the improvement of working conditions. Moreover, thanks to this assessment, the awareness of possible hazards increases within the organisation. The process of determining the safety level within the plant is related to the risk assessment of the workplace and,

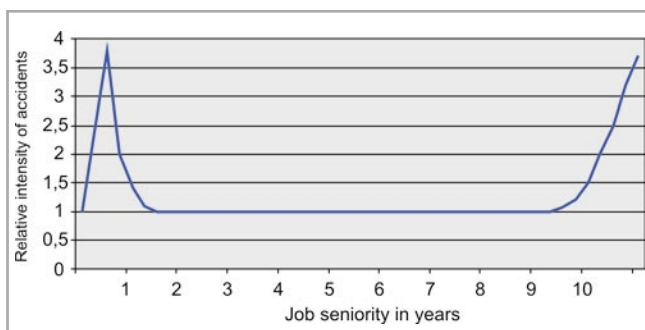


Fig. 2. The interrelation between the relative intensity of accidents and the job seniority of the worker (in quarters) (M. Daszczyzak)

consequently, to the analysis of such risk as regards the harm it can do to workers and as regards costs incurred in the event of various consequences.

Occupational risk assessment for the power industry workers

Identification of hazards related to the work station is the basic element of the occupational risk assessment. In each case, it should be verified whether all hazards have been identified and whether available information about these hazards is sufficient to carry out the occupational risk assessment. For example:

- electric current, contact with electric current – electric shock received by the worker,
- work on heights, falling from a height – injury suffered by the worker,
- noise, contact with noise – occupational deafness,
- sharp tools, touching with a hand – hand injury,
- moving machine elements, contact of the worker with a moving machine element – injury suffered by the worker,
- electric turbine, coming off of the turbine – huge material loss and possible injuries suffered by workers.

Information concerning workers who occupy a given work station is an important element of the assessment. The following figure in a demonstrative way shows the interrelation between the relative intensity of accidents and the job seniority of the worker.

On the basis of statistical surveys of accidents, it can be stated that accidents most often involve “young” workers, i.e. workers who do not have proper professional experience, as well as workers who work in the industry for 10 years or more – in the case of the latter type of workers, routine or the so-called burn-out can be observed. Therefore, in order to improve safety within the company and, in consequence, to reduce the number of accidents at work, it seems necessary to:

- have young workers intensively and effectively trained by experienced workers (masters-teachers),
- transfer older workers to other, less dangerous work stations, or provide additional, specialist trainings after workers have undergone psychological tests.

A direct occupational risk assessment is based on three main parameters (RISK SCORE assessment method):

- C** – potential consequences regarding casualties and material losses,
- L** – likelihood of the occurrence of hazard for the worker,
- E** – time of exposure of the worker to harmful factors.

The first parameter (C) remains practically beyond the employer’s influence. When using electrical power devices, it should be assumed that the accident would potentially result in the worker’s death.

The second parameter (L) within this method is the likelihood of the occurrence of the hazard for the worker. The level of this likelihood is determined by the statistics prepared for a given industry or even for a specialised group of workers, e.g. fitters

performing live work. On the basis of the statistics of accidents, it can be stated that the value of the accident likelihood in the case of a worker (fitter) working on completely deenergised parts is much higher than the value of the accident likelihood in the case of a worker (fitter) working on live parts! This information should persuade employers that the majority of work related to operating electrical power devices should be performed live. The employer can also additionally reduce the likelihood (L) within his company by applying appropriate policy as regards human resources and trainings (it has already been mentioned).

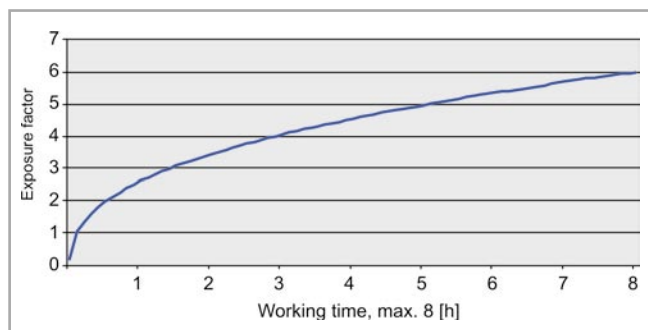


Fig. 3. Exposure factor value depending on working time (M. Daszczyzak)

A third important parameter, which can be seriously influenced by the employer, is E – factor of the exposure time of the worker to harmful factors. Fig. 3 shows the interrelation between the exposure factor and the working time, i.e. the time in which the worker stays in the vicinity of live device. The function $A \cdot t^B$ presented in fig. 3, is determined on the basis of the approximation of the exposure factor values depending on the working time. These values have been provided in the RISK SCORE parametric method (A and B are constant, while t is exposure time):

$$E = 2.6 \cdot t^{0.4}$$

or:

$$t = 0.1 \cdot E^{2.4}$$

The conducted analysis for two selected characteristic options has shown the following results:

- I) **C** – death of a worker (C = 15) and **L** – likelihood possible to occur (L = 0.5; possibility of occurrence 10-4) – the value of likelihood of an accident involving a worker (fitter) working on completely deenergised parts, based on the statistics of accidents,
- II) **C** – death of a worker (C = 15) and **L** – likelihood possible to occur (L = 0.2; possibility of occurrence 10-5) – the value of likelihood of an accident involving a worker (fitter) working on completely deenergised parts, based on the statistics of accidents; the expected exposure time was determined in such a way so that the occupational risk value **R** could be treated as negligible (unconditionally accepted, i.e. $R \leq 20$):

$$R = C \cdot L \cdot E \leq 20$$

The expected exposure time for the first option equals $t = 1$ [h], while for the second option it equals $t = 8$ [h] (i.e. parameter **E** = 6).

Therefore:

Occupational risk related to work performed on live electrical power devices is much lower than the occupational risk related to work performed on completely deenergised electrical power devices.

Occupational risk related to work performed on live electrical power devices is unconditionally accepted (occupational risk is negligible), even in the case of full-time job (8-hour-shifts).

Summary

Depending on conditions required to perform work, the risk may be higher, which makes it necessary to introduce measures aimed at reducing such a risk. However, if the risk is assessed as low, certain live working organisational forms cannot be imposed, which facilitate the process of performing work. Depending on proposed methods, component parts of risk can be assessed separately, e.g. determination of safe distances, determination of the time of exposure to electric or magnetic field, electrostatic interactions, current intensity in the disconnected circuit etc. Determination of the risk level requires the acceptance of limit mathematical values for interactions of various factors. Then, a reasonable selection of risk-minimising measures can be proposed for selected technologies and live working methods. Therefore, the development of the proposed occupational risk assessment methodology for various operating methods should be expected. Preparation of criteria and of a common occupational risk assessment methodology for workers operating electrical power devices (especially live) seems to be a good initiative.

REFERENCES

- [1] Dąbrowski J., Dudek B.: Identification des dangers et analyse des risques lors de travaux effectués sous tension. ICOLIM 1998
- [2] Hizen Y., Mori H., Yakabe H., Maruyama Y., Maki K.: Development of a robot for Live Working. ICOLIM 1994, t.3 s. 87-94
- [3] Maruyama Y., Maki K., Mori H.: A Hot-Line Manipulator Remotly Operated by the Operator on the Ground, ESMO 1993, s. 437-444
- [4] Dudek B., Małyk E., Wiśniewski W., Wójcik M.: Developpement des travaux sous tension sue les reseaux electriques en Pologne; ICOLIM 1992
- [5] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Sejsja 7. Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych. *Akademia Energetyki* (20 wykładów). *Energetyka* 2005, nr 11 do *Energetyka* 2007, nr 12
- [6] Daszczyzak M.: Ocena ryzyka zawodowego przy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych. *Energetyka* 2005, nr 1, s. 28-31
- [7] Daszczyzak M.: Zwarcia w systemie elektroenergetycznym a bezpieczeństwo personelu w świetle wymagań wynikających z wejścia Polski do Unii Europejskiej. *Energetyka* 2005, nr 1, s. 32-34
- [8] Kinney G. F., Wiruth A. D.: Practical Risk Analysis for Safety Management, Naval Weapons Center, China Lake, 1976



Bogumił Dudek, Rafał Czapaj – EPC S.A.

Wielka inteligentna robota – zniechęcająco trudne wyzwanie czy szansa dla polskiej energetyki?

„Każda wystarczająco rozwinięta technika jest nieodróżnialna od magii”
– Sir Arthur C. Clarke – *Technology and the Future*

Słowo *robot* pochodzące od czeskiego słowa *robota*, czyli ciężka praca, harówka, znój, służba, niewolnictwo wyparło znacząco używane w latach 20. XX wieku słowa *automat* oraz *android* (zmechanizowane urządzenie przypominające wyglądem człowieka). Po raz pierwszy tego słowa użył Karel Čapek w roku 1920 r. w sztuce pt. *R.U.R. (Rosumovi Uměli Roboti - Rossum's Universal Robots)*, której premiera miała miejsce w Pradze w 1921 r. Słowo *Rossum* jest aluzją do czeskiego słowa *rosum* oznaczającego mózg, rozum, mądrość, intelekt. Mroczna wizja buntu robotów wykorzystywanych do zastępowania ludzi w mozolnych pracach stanowiła wówczas nową wersję mitu o Golemie (istota stworzona z gliny do ochrony człowieka w kulturze żydowskiej).

Upowszechnienie słowa *robot* w języku angielskim rozpoczęło się od opowiadania pt. *Kłamacz*, autorstwa Isaaca Assimova, wydanego w 1941 r. Rozwój robotyki, czyli dziedziny wiążącej zagadnienia automatyki, mechaniki, cybernetyki, informatyki i elektroniki, rozpoczął się w 40 lat po premierze sztuki Čapka i w 20 lat po wydaniu opowiadania Assimova – w 1961 r., gdy firma *General Motors* zastosowała w swojej linii produkcyjnej pierwszy manipulator. Licząc od tego momentu, przez prawie pół wieku roboty powoli znajdują uznanie w różnych obszarach życia człowieka. Najwięcej zastosowań mają w przemyśle oraz specjalistycznych gałęziach gospodarki, gdzie ze względu na trudne warunki otoczenia ułatwiają wykonywanie różnych prac.

Wdrażanie przez Polskę kolejnych dyrektyw Komisji i Rady Europejskiej w zakresie wewnętrznych i międzynarodowych rynków energii elektrycznej stawia przed polską energetyką rosnące wyzwania polegające na zapewnieniu niezawodności pracy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) zarówno w aspekcie bezpieczeństwa (obrony i odbudowy systemu) jak i wystarczalności (wytwarzania i przesyłu).

Wyzwania te powodują konieczność wdrażania i stosowania odpowiednich zapisów w prawodawstwie i dokumentach wykonawczych oraz w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej i w instrukcjach Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnych. Zapewnienie niezawodności pracy KSE jest zadaniem wymagającym wysoko wyspecjalizowanej wiedzy i doświadczenia specjalistów wielu dziedzin, tj. wytwarzania, przesyłu, dystrybucji, eksploatacji wspomaganymi przez ośrodki naukowe oraz twórców polskiego rynku energii elektrycznej.

Dziedziną wychodzącą naprzeciw rosnącym wymaganiom rynku i eksploatacji sieci elektroenergetycznych są prace pod napięciem. Jest to dziedzina, w której złożona wiedza i nowoczesne technologie odnajdują wspólny cel, jakim jest zapewnienie niezakłóconych dostaw energii elektrycznej do najważniejszego ogniwa energetyki – Klienta !!! Do nowoczesnych technologii można zaliczyć m.in. roboty i zrobotyzowane urządzenia, które od wielu lat są obecne w różnych gałęziach energetyki na całym świecie. Wstęp do zagadnień robotów w energetyce został poczyniony na łamach *Energetyki* 2005, nr 2 [1]. Kontynuacją, poruszającą także zagadnienia sztucznej inteligencji, był artykuł w *Energetyce* 2006, nr 10 [2], gdzie skupiono się na rodzajach metod sztucznej inteligencji, ich zastosowaniach w robotach dla potrzeb elektroenergetyki oraz możliwych obszarach zastosowań w przyszłości. Przegląd praktycznych zastosowań robotów na świecie zaprezentowano w *Energetyce* 2007, nr 10 [3].

Pierwszy raz zastosowano roboty w energetyce atomowej w USA przy usuwaniu skutków awarii w elektrowni *Three Mile Island*. Pomyślne rezultaty skłoniły przedsiębiorstwa eksploatujące sieci elektroenergetyczne przesyłowe, a następnie dystrybucyjne do coraz śmielszych wdrożeń.

Stosowanie robotów w światowej energetyce i elektroenergetyce poparte jest potrzebą nowych wydajniejszych i bardziej bezpiecznych metod pracy, potrzebą uzyskania przewagi konkurencyjnej oraz pozyskania dodatkowych przychodów na rozwój. Ostatnie osiągnięcia są dzięki zmniejszeniu zarówno częstotliwości jak i czasu trwania oględzin oraz planowanych i nieplanowanych przerw w dostawach energii elektrycznej do odbiorców. Szczególnie ważne dla europejskiego rynku energii elektrycznej są linie wymiany transgranicznej, których bezwyłączeniowa eksploatacja stanowi strategiczny cel ich działania, zarówno ze względów technicznych jak i ekonomicznych.

Kolejnym czynnikiem przemawiającym za potrzebą szerszego stosowania robotów w pracach eksploatacyjnych i naprawczych jest zwiększony dostęp do kluczowych elementów urządzeń oraz strategicznych miejsc, jak np. skrzyżowania linii elektroenergetycznych, tereny góryste oraz przejścia linii elektroenergetycznych nad rzekami, zbiornikami wodnymi czy polami uprawnymi. Dodatkową zaletą wynikającą ze stosowania robotów jest znacząca poprawa bezpieczeństwa pracy ekip eksploatacyjnych, co skutkuje znaczącym spadkiem liczby porażek prądem elektrycznym [4].

Każda nowoczesna technologia z jednej strony budzi podziw, z drugiej obawy. W praktyce zawodowej przeważają obawy, bowiem wprowadzenie nowych technik i technologii wymaga wysiłku, czasami przeorganizowania dotychczasowej działalności. W polskiej energetyce technika prac pod napięciem toruje sobie drogę już od ponad 35 lat, usługi śmigłowcowe od 15 lat, a więc i robotyzacja czynności i zadań oraz zastosowania sztucznej inteligencji będą wymagały czasu.

Prace nad robotyzacją procesów w technice prac pod napięciem trwają od ponad 20 lat i ciągle nie są jeszcze rozwiązaniami tanimi i do powszechnego użytku zawodowego. Jednak w najbliższych latach może się to zmienić. Zatem śledzenie nowych rozwiązań i proponowanie własnych wymaga dla rozwoju i upowszechnienia informacji, przybliżenia osiągnięć w tej dziedzinie. Dla potrzeb elektroenergetyki takim sposobem wymiany informacji są międzynarodowe konferencje europejskie – ICOLIM i amerykańskie – ESMO. W nowoczesnym doradztwie takich nowoczesnych technologii nie można pominąć.

Postępując się językiem potocznym można stwierdzić, że w Polsce czeka nas wielka ROBOT-a żeby sprostać rosnącym wymaganiom krajowego i europejskiego rynku energii elektrycznej, a jednym z narzędzi ułatwiających to zadanie będą inteligentne roboty.

Polska energetyka nie może poszczycić się znanymi na świecie zastosowaniami robotów, dlatego też warto przyrzeć się rozwiązaniom światowym, zarówno w elektrowniach atomowych jak i dla linii przesyłowych, żeby rozpocząć osvajanie się z myślą, że roboty są przyszłością nie tylko energetyki, ale i innych aspektów działania inżynierów wszelkich specjalizacji.

Roboty dla potrzeb energetyki jądrowej

Dzięki zastosowaniu robotów do usuwania skutków awarii w wielkich elektrowniach atomowych *Three Mile Island* oraz Czarnobylu w znacznym stopniu ograniczono potencjalne skutki wynikające z nadmiernego przebywania ludzi w strefie skażonej i poprawiono szybkość usuwania skutków awarii. Wykorzystanie robotów po tych tragicznych wydarzeniach potwierdziło ich skuteczność i przydatność, co dało dodatkowy impuls do zwiększenia nakładów intelektualnych i finansowych na rozwój robotyki w zastosowaniach dla elektrowni atomowych.

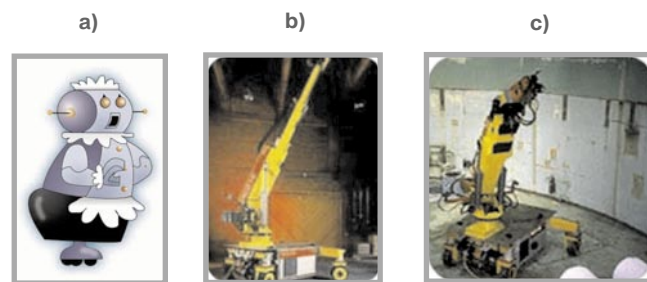
Elektrownia atomowa Three Mile Island w USA

Pierwszym robotem wykorzystanym do usuwania skutków awarii w elektrowni atomowej był robot o nazwie Rosie¹⁾. Jego pierwsze trzy modele wspomagały ludzi w oczyszczaniu terenu w elektrowni *Three Mile Island* niedaleko miasta Harrisburg w Pensylwanii w 1980 r. Twórcą tych zdalnie sterowanych układów

¹⁾ Pierwowzorem dla nazwy robota był robot z serialu rysunkowego *The Jetsons* produkowanego w latach 60. ubiegłego wieku przez wytwórnię *Hanna-Barbera Productions*

robotycznych był inżynier William L. Whittaker, dyrektor Centrum Robotów Terenowych Uniwersytetu Carnegie Hall w Pittsburgu oraz jednocześnie szef firmy robotycznej *RedZone Robotics*. Zdalnie sterowany robot Rosie (rys. 1) do pracy w środowiskach radioaktywnych poza zdolnością do poruszania się po betonowym podłożu potrafi także przewiercać próbki rdzeniowe przy wykorzystaniu wiertarki udarowej oraz usuwać ciężkie elementy urządzeń, natomiast podgląd otoczenia dostępny jest dzięki zastosowaniu wzdluz dzwigu szeregu kamer wideo [5].

Robot wykonany jest ze stali i aluminium, umożliwia prace na wysokości od 2,1 do 8,2 m, a dzięki wielu czujnikom (temperatury, ciśnienia i płynu hydraulicznego) oraz napędowi hydraulicznemu znakomicie odnajduje się w najbardziej niesprzyjającym środowisku. Obecnie roboty typu Rosie pracują w elektrowniach w Argonne i Oak Ridge.



Rys. 1. Robot Rosie zastosowany do usuwania skutków awarii w elektrowni atomowej *Three Mile Island* [19]
 a) robot Rosie z serialu rysunkowego *The Jetsons*,
 b) robot Rosie w czasie pracy na wysokości,
 c) robot Rosie w czasie prac inspekcyjnych

Elektrownia atomowa w Czarnobylu na Ukrainie

Do usuwania skutków awarii w *Czarnobylu*, gdzie skażenie było dużo większe niż w elektrowni *Three Mile Island*, wykorzystano inny z robotów W.L. Whittakera. Był to robot typu gąsienicowego o nazwie Pioneer, przeznaczony do inspekcji i oceny wnętrza zniszczonego reaktora atomowego [20].

Pioneer obsługiwany przez dwuosobową ekipę potrafił spychać cegły, wspinać się na przeszkody oraz podnosić różnego rodzaju obiekty. Był współfinansowany przez NASA oraz amerykański Departament Energetyki (US Department of Energy). Rozpoczął pracę w pobliżu sarkofagu nieczynnego reaktora 27 maja 1999 r. (rys. 2) [21].

Robot, wyposażony w manipulator o sześciu stopniach swobody, potrafi rozmieszczać czujniki na terenie inspekcji, tworzyć fotorealistyczne obiekty 3D wnętrza budynku. Posiada ponadto przyrząd do pobierania próbek materiałów oraz zestaw czujników radiacyjnych i czujników otoczenia (temperatura, wilgotność). Został on tak zaprojektowany, by mógł przebywać w środowisku skażonym do 41 dni i przyjąć roczną dawkę promieniowania 200 tys. razy większą od zatwierdzonej przez Rząd USA dla człowieka [22].



Rys. 2. Robot Pioneer zastosowany do usuwania skutków awarii w elektrowni atomowej w Czarnobylu [21]

Współczesne kierunki rozwoju robotów dla potrzeb elektrowni atomowych

Ostatnie lata stały pod znakiem budowy robotów inspekcyjnych do prac w elektrowniach atomowych, m.in. w Chinach oraz Kanadzie. Naukownicy chińscy skoncentrowali się na budowie podwodnego robota do badania prętów paliwowych natomiast naukowcy kanadyjscy na budowie robotów do badania stanu prętów paliwowych – grubości, mikrouszkodzeń oraz pęknięć w miejscach spawania. W obu przypadkach projekty powstają przy współpracy ośrodków naukowych, przedsiębiorstw energetycznych oraz rządów wymienionych krajów

Robot do prac podwodnych przy badaniu prętów paliwowych reaktorów atomowych (Chiny)

W lutym 2006 r. po 4-letnich pracach badawczo-rozwojowych, chińscy naukowcy zbudowali pierwszego w ich kraju podwodnego robota pracującego w pobliżu prętów paliwowych reaktorów atomowych. Robot wynaleziony w Instytucie Optyki i Elektroniki Chińskiej Akademii Nauk w mieście Chengdu rozpoczął w 2006 r. prace testowe w elektrowni atomowej *Daya Bay* w prowincji Guangdong na południu Chin.

Głównym zastosowaniem robota na terenie elektrowni będzie podwodna obserwacja instalacji prętów paliwowych, natomiast dodatkowo robot może być wykorzystywany do wydobywania obiektów, które wpadły do paliwa.

Robot może podnosić śrubokręty, klucze do nakrętek, zasuwki i śruby oraz sztuczne kawałki szkła o maksymalnej wadze do 1 kg. Maksymalnym nachyleniem podłoża, po którym może się przemieszczać jest kąt 30 stopni. Takie nachylenie może zostać pokonane z prędkością 0,9 metra na minutę [23].

Robot wyposażony jest w system odpowiedzialny za pochylenie i obracanie kamery TV, system kompresji i przechowywania danych, mechanicznych chwytaków, oczyszczalnik, pompę próżniową oraz system zdalnego sterowania. Chwytnak jest przystosowany do chwytania obiektów, jak śrubokręt czy klucz do

nakrętek, natomiast oczyszczalnik może zbierać mniejsze objekty, np. śrubki. Pompa próżniowa jest przystosowana do zbierania osadów, takich jak rozbite kawałki szkła lub resztki zaschniętej farby. Maksymalnym ciężarem, jaki może zgromadzić w czasie jednej pracy jest 1 kg [24].

Stworzony przez chińskich inżynierów robot kosztuje 8-krotnie mniej i jest znacznie mniejszy od swoich odpowiedników na świecie. Jak oceniają chińscy eksperci omawiany typ robota podwodnego jest doskonały do dalszych badań nad zastosowaniem metod sztucznej inteligencji.



Rys. 3. Chiński robot do podwodnej inspekcji prętów paliwowych reaktorów atomowych [24]

Obroża MÉTAR (Kanada) [25]

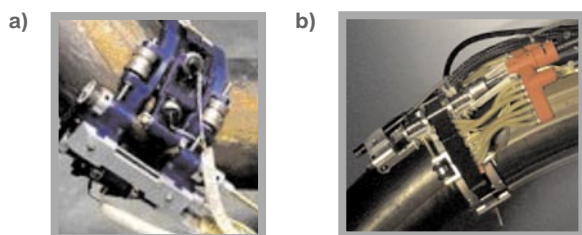
Obroża MÉTAR wynaleziona przez instytut badawczo-rozwojowy (Institut de Recherche d'Hydro-Québec) należący do przedsiębiorstwa *Hydro-Québec* w Kanadzie, była wynikiem potrzeby przeprowadzenia badań inspekcyjnych w elektrowni atomowej *Gentilly-2* w Kanadzie. Prace nad obrożą rozpoczęto w 1999 r. a jej zadaniem jest dokonywanie pomiaru grubości prętów paliwowych w elektrowniach typu CANDU, takich jak *Gentilly-2*.

W czasie pracy elektrowni atomowych, ściany prętów paliwowych są podatne na erozję i korozję oraz tracą swoją grubość, dlatego tak ważne jest ich badanie. Obroża MÉTAR szybko udowodniła swoją przydatność i skuteczność w badaniu grubości prętów paliwowych, a urządzenia tego typu są obecnie stosowane w elektrowniach typu CANDU na całym świecie. Obroża jest produkowana w dwóch wersjach – w pełni obsługiwanej przez człowieka oraz w wersji zautomatyzowanej.

Wersja ręczna obroży MÉTAR (rys. 4):

Obroża MÉTAR zbudowana jest z elastycznej obręczy zamontowanej na sztywnej konstrukcji zdolnej do wykonania serii 14 próbek ultradźwiękowych prostopadle do powierzchni ramion prętów paliwowych.

W przypadku ręcznej wersji obroży pomiary odbywają się poprzez ręczne przesuwanie jej po przecię paliwowym. Technologia wykorzystuje komputer PC oraz nowoczesny system gromadzenia danych w czasie rzeczywistym, wynaleziony przez zespół badawczo-rozwojowy przy *Hydro-Québec*. System gromadzenia danych pozwala na dokonywanie pomiarów porównawczych w celu lepszego monitorowania stanu prętów paliwowych i przez to dokładniejszego określenia okresu ich przydatności do pracy.



Rys. 4. Obroza MÉTAR w czasie wykonywania pomiarów na pręcie paliwowym
 a) obroza MÉTAR w 2007 r. [26]
 b) obroza MÉTAR w 2004 r. [6]

Do głównych zalet wersji ręcznej obrozy MÉTAR należą: przystosowanie do pracy w skażonych i niedostępnych środowiskach, łatwość obsługi i niewielki czas potrzebny na przeszkolenie personelu, niezawodność i duża dokładność wykonywanych pomiarów, zminimalizowane czasy inspekcji. Dzięki tym zaletom zminimalizowano czas przebywania personelu w skażonym środowisku (poniżej 10 minut), poprawiono jakość i dokładność pozyskiwanych danych, dzięki czemu zoptymalizowano pracę elektrowni oraz harmonogramy planowanych prac remontowych.

Wersja zrobotyzowana obrozy MÉTAR [25]:

Wadą wersji ręcznej było ograniczenie obszaru inspekcji, co doprowadziło do stworzenia prototypu wersji zrobotyzowanej o nazwie Crawler, która została opatentowana i przeznaczona do sprzedaży w lipcu 2003 r.

W porównaniu z wersją ręczną, Crawler cechuje się następującymi zaletami: zdalnym sterowaniem przy użyciu jednej ręki, wyposażeniem w kamerę oraz system oświetlenia, niewielkimi rozmiarami zwiększającymi mobilność, kompatybilnością danych z wersją ręczną. Zasięg inspekcji osiągany przy zastosowaniu obrozy sięga 6 metrów. Obie wersje obrozy przystosowane są do pracy na prętach o średnicach 2" oraz 2,5" oraz umożliwiając uzyskanie dokładności pomiarów od $-0,022$ do $+0,039$ mm.

Urządzenia pochodne obrozy MÉTAR [25]:

Zaawansowane prace prowadzone przez zespół badawczo-rozwojowy doprowadziły do powstania dwóch innych urządzeń przeznaczonych do wykrywania pęknięć na prętach – Cracking Crawler oraz do wykrywania pęknięć na powierzchniach spawanych – Orbital bracelet.

Robot Cracking Crawler jest wynikiem dwuletnich prac zespołu badawczo-rozwojowego i przeznaczony jest do wykrywania mikrouszkodzeń wynikających ze starzenia się prętów paliwowych. Robot został po raz pierwszy zastosowany w czerwcu 2003 r. w elektrowni *Gentilly-2*, a następnie przy planowych pracach remontowych po zakończeniu zimy. Od wiosny 2004 r. robot pracuje także w innych elektrowniach atomowych typu CANDU w Kanadzie i w innych elektrowniach na świecie.

Robotem przeznaczonym do wykrywania pęknięć w miejscach spawania, które nie zostały wykryte w czasie inspekcji reaktora jest Orbital bracelet. Robot ten został udoskonalony w lecie 2003 r. i jest w użyciu od września tego roku, a w sprzedaży od 2004 r.

Obie technologie spotkały się z dużym zainteresowaniem ze strony właścicieli elektrowni typu CANDU (Candu Owners Group), którzy następnie przyłączyli się do współfinansowania prac badawczo-rozwojowych w celu promowania zastosowań robotów w elektrowniach typu CANDU.

Roboty dla potrzeb elektrowni konwencjonalnych

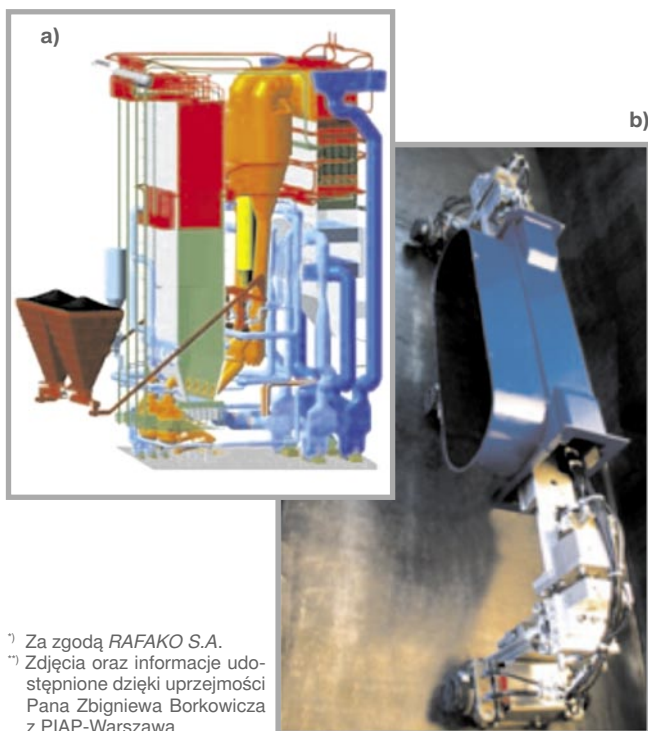
Najczęstszą przyczyną wymuszonych odstawień bloków w elektrowniach są awarie kotłów węglowych, olejowych lub gazowych. Jak podaje amerykański Instytut Badań Energetyki (Electric Power Research Institute – EPRI) roczne koszty wynikające z odstawienia kotłów w energetyce amerykańskiej wyniosły w 2001 r. blisko 1 miliard USD. W celu obniżenia tych kosztów EPRI opracowało robota (*Energetyka* 2006, nr 10 [2]), przeznaczonego do wykonywania zadań diagnostyczno-remontowych ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji uszkodzeń rur kotłowych. Wykorzystanie robotów w elektrowniach w USA pozwala na znaczące skrócenie czasu wykonywania takich zadań z kilku dni nawet do kilku godzin.

Również w Polsce niezwykle skomplikowane zagadnienie diagnostyki kotłów znalazło zainteresowanie ze strony ośrodków naukowych, które patrząc odważnie w przyszłość widzą potrzebę wprowadzania do polskiej energetyki nowoczesnych zrobotyzowanych rozwiązań. Nowatorski w skali europejskiej projekt celowy mobilnego Spider robota przeznaczonego do badania zużycia energetycznych kotłów dużej mocy został zrealizowany przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów – Warszawa (PIAP) z pomocą Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz partnera przemysłowego spółkę *Energotechnika-Energorozruch SA* – Gliwice.

Opracowanie w PIAP mobilnego diagnostycznego robota dla energetyki (poruszającego się w specyficzny sposób po pionowych ścianach paleniska – nie na kotłach lub gąsienicach), z naciskiem na wykonywanie pomiarów, a nie tylko obserwacji, wzbudziło w Polsce zainteresowanie tym rodzajem robotów – szczególnie w gałęziach przemysłu wykorzystujących konstrukcje wielkoskalowe.

Stopień skomplikowania zagadnienia diagnostyki kotłów odzwierciedlają m.in. wymiary konstrukcyjne kotłów rzędu 50 m (rys. 5 a), temperatury robocze we wnętrzu palenisk różnego rodzaju sięgające od 850 do 1500°C, a także ciśnienie rzędu 200 barów panujące w instalacjach wodno-parowych kotłów. Obszarem działania mobilnego robota jest obszar zaznaczony kolorem zielonym na rysunku 5a. W przyszłości, zminiaturyzowany robot będzie przystosowany do pracy w obszarze górnej strefy kotłów (kolor czerwony na rysunku 5a) o dużym stopniu zagęszczenia zespołami rur oraz innych elementów.

Głównym zadaniem mobilnego robota (wprowadzanego do wnętrza kotła po jego wyłączeniu i schłodzeniu – rys. 5 b) stanowiącego część składową nowoczesnego systemu technologicznego jest wykonywanie zadań diagnostycznych w zakresie korozyjnego i erozyjnego zużycia kotłów energetycznych.



¹⁾ Za zgodą RAFAKO S.A.
²⁾ Zdjęcia oraz informacje udostępnione dzięki uprzejmości Pana Zbigniewa Borkowicza z PIAP-Warszawa

Rys. 5. Kocioł OFz450a produkcji firmy RAFAKO SA* (a) oraz Spider Robot na ścianie testowej (b)**

Na system diagnostyczny składają się trzy główne części (połączone szybką bezprzewodową siecią komputerową): mobilny robot, stanowisko eksperta oraz stanowisko operatora, który przy wykorzystaniu przestrzeni wirtualnej w sposób sprawny i wydajny wydaje polecenia sterownicze (rys. 6 a i b).

Diagnostyka w obszarach pól testowych jest możliwa dzięki mobilnej platformie robota transportującej różne moduły diagnostyczne. Mobilna platforma wykorzystująca napęd pneumatyczny, jest przystosowana do poruszania się zarówno w płaszczyźnie poziomej jak i pionowej, natomiast mocowanie się na stalowych ścianach kotłów możliwe jest przez zastosowanie niewielkich chwytaków magnetycznych.

Do głównych zalet Spider Robota należy przede wszystkim zwiększenie bezpieczeństwa zespołów ludzkich przebywających w pobliżu kotłów energetycznych, skrócenie czasu niezbędnego do wykonania badań diagnostycznych oraz minimalizację kosztów przygotowania badań diagnostycznych.

Mobilny robot został zaprezentowany w części innowacyjnej Międzynarodowych Targów Poznańskich w 2007 r. oraz na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków IWIS w maju 2007 r., na której wywołał duże zainteresowanie oraz zyskał uznanie zdobywając brązowy medal [26]. Robot został zgłoszony do Biura Patentowego i jest przygotowywany do wprowadzenia do szerokich zastosowań w energetyce zawodowej. Obecnie trwają intensywne prace nad zastosowaniem zaawansowanych (w tym bezkontaktowych) technik pomiarowych rozszerzających zakres badań diagnostycznych robota.



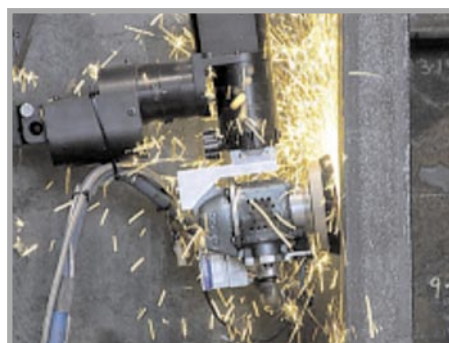
³⁾ Zdjęcia oraz informacje udostępnione dzięki uprzejmości Pana Zbigniewa Borkowicza z PIAP-Warszawa

Rys. 6. Spider Robot podczas prób obiektowych* Na zdjęciu kierownik do spraw rozruchów firmy Energotechnika-Energorozruch S.A. Gliwice

Wielozadaniowy robot SCOMPI (Kanada) [6, 27]

Wielozadaniowy robot SCOMPI przeznaczony jest do wykonywania zadań konserwacyjnych oraz operacji naprawczych turbin. Robot SCOMPI został wynaleziony i był doskonalony w latach 90. ubiegłego wieku, a obecnie jest opatentowanym urządzeniem przeznaczonym do sprzedaży komercyjnej. Obecnie stosowany jest z powodzeniem w ponad 20 projektach.

Do głównych zadań wykonywanych przez robota SCOMPI należą m.in.: spawanie, uderzanie młotkiem, żłobienie plazmą oraz precyzyjne szlifowanie powierzchni (rys. 7).



Rys. 7. Precyzyjne szlifowanie wykonywane przez robota SCOMPI

Do dodatkowych zadań wykonywanych przez robota można zaliczyć: kawitację uszkodzeń i pęknięć, wzmocnianie wirników, odnawianie profili łopat wirników, odnawianie głowic. Dzięki sześciu stopniom swobody robot SCOMPI może poruszać się po zaokrąglonych obiektach, dzięki czemu dociera do trudno dostępnych miejsc.

Do głównych zalet robota SCOMPI można zaliczyć: zwiększenie czasu życia urządzeń wytwórczych, jednoczesne spawanie i uderzanie młotkiem, uzyskanie jakości wykonywanych prac znacząco przewyższającej jakość dostępną przy wykorzystaniu prac ręcznych, poprawę bezpieczeństwa pracy przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności od 150 do 200%.

Roboty dla potrzeb elektrowni wodnych [28]

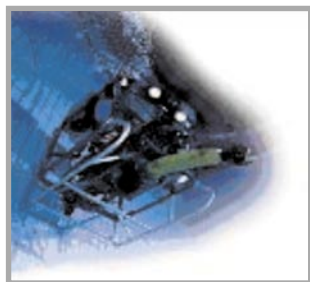
Zdalnie sterowany podwodny robot ROV3 pracujący w Hydro-Québec (Kanada)

Przedsiębiorstwo wytwórcze *Hydro-Québec* zarządza 562 zaporami wodnymi, których zbiorniki wodne charakteryzują się m.in. niewielką widocznością oraz przemieszczającymi się gruzami. W związku z potrzebą zwiększenia bezpieczeństwa pracy załogi działu eksploatacji powstał podwodny robot ROV3 zaprojektowany przez instytut badawczo-rozwojowy należący do *Hydro-Québec* w Kanadzie, który przeznaczony jest do badania zbiorników wodnych, zapór, oceny ich stanu oraz diagnozy anomalii.

Podwodny robot ROV3 (rys. 8) powstał z myślą o inspekcji zbiorników, których głębokość dochodzi nawet do 200 m, co uniemożliwia nurkom właściwą inspekcję. Robot wykorzystywany jest do prac inspekcyjnych od 2000 r., natomiast masowa produkcja rozpoczęła się w 2004 r. Szczegółowe dane techniczne przedstawiono w tabeli 1.

Robot ROV3 może być sterowany ręcznie lub przy wykorzystaniu automatycznej sekwencji. W skład zestawu do obsługi robota wchodzi specjalnie zaprojektowany samochód z przystosowaną przyczepą, na których wyposażenie składają się: konstrukcja opuszczająca, stacja sterowania, bębny na uwięź, klimatyzacja, ogrzewanie.

Czynności wykonywane przez robota ROV3 są przedstawiane na ekranie monitora w środowisku 3D, a określanie pozycji robota odbywa się z dokładnością do 0,5 m, dzięki zastosowaniu trzech nadajników na powierzchni i jednego nadajnika zamontowanego na samym robocie.



Rys. 8. Podwodny robot ROV3 [28]

Tabela 1

Dane techniczne robota podwodnego ROV3 [28]

Wyszczególnienie	Wartość
Maksymalna głębokość zanurzenia, m	270
Maksymalna długość uwięzi, m	300
Moc oświetlenia, V	3 000
Pomocnicze kolorowe kamery	3
Silnik, KM	7x1,5
Ramię robota, stopnie swobody	3
Sonar wielowiązkowy, °	120
Jednoczesne skanowanie sonarem, °	ponad 120
Maksymalna prędkość, węzły	do 1,6 w zależności od obciążenia
Badana powierzchnia, m ² /s	do 0,5 w zależności od typu powierzchni i widoczności
Długość, m	1,02
Szerokość, m	0,81
Wysokość, m	1,20
Zasilanie (generator), kVA	30
Zasięg, m	do 400 w zależności od powierzchni i widoczności
Oszczędności wynikające z zastosowania ROV3, mln USD/rok	ok. 1,0

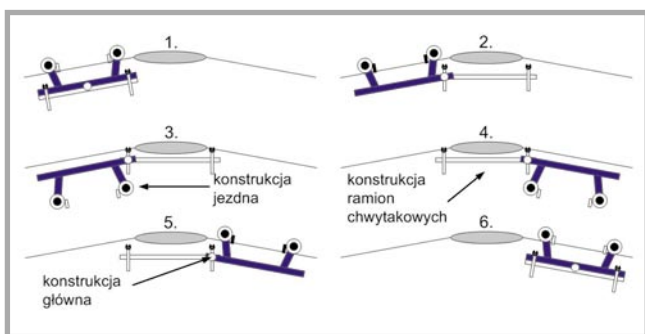
Zbierane przez ROV3 dane mogą być archiwizowane na zdjęciach cyfrowych, taśmach wideo (zadanie, głębokość, pozycja, pomiary 2D i 3D, data i czas). Dodatkowo system umożliwi automatyczne sporządzanie raportów.

Do głównych zalet robota należą: bezpieczeństwo operatorów, minimalizacja czasu przeznaczonego na inspekcję, zwiększenie dostępu do urządzeń wytwórczych, dostarczanie informacji o anomaliiach, likwidacja stosowania grodzi izolujących w celu wykonania zadania inspekcyjnego.

Roboty dla potrzeb linii przesyłowych

Robot inspekcyjny do prac na sieciach przesyłowych (Kanada) [7, 8]

Jednym ze światowych liderów w zakresie zastosowań robotów dla potrzeb linii elektroenergetycznych jest kanadyjskie przedsiębiorstwo energetyczne *Hydro-Québec*. Do jego osiągnięć zalicza się m.in. zaprojektowanie i zbudowanie robotów przeznaczonych do pokonywania przeszkód na liniach przesyłowych wykonanych w technologii LineRover (prototyp o prostej budowie) oraz w technologii LineScout (zaawansowana wersja). Robot wykonany w technologii LineScout, opisany w [3], przeznaczony jest do prac na liniach przesyłowych pod napięciem, a do jego głównych zadań należy pokonywanie przeszkód, jak łańcuchy izolatorów, tłumiki drgań, kule ostrzegawcze, pierścienie ulotowe.



Rys. 9. Sekwencja pokonywania przeszkody na linii przez robota [7]



Rys. 10. Pokonywanie przeszkody przez robota w technologii LineScout na linii pod napięciem 315 kV [7]

Robot LineScout zbudowany jest wokół trzech niezależnych konstrukcji: jezdnej (Wheel Frame – ciemny kolor), konstrukcji ramion chwytakowych (Arm Frame – jasny kolor) oraz konstrukcji głównej (Center Frame – biały okrąg), która łączy pozostałe dwie w całość. Pokonywanie przeszkody odbywa się w sześciu etapach, co przedstawiono na rysunku 9.

Fizyczny model robota w czasie pokonywania zestawu przeszkód zaprezentowano na rysunku 10.

*Robot czyszcząco-inspekcyjny
 do izolatorów pod napięciem (Korea Płd.) [9-11]*

Czyszczenie izolatorów na mokro wymaga użycia dużych ilości wody, a jej transportowanie w terenie górzystym nasyca wielu trudności, szczególnie w Korei Południowej, której większość obszaru charakteryzuje się takim ukształtowaniem. W celu ograniczenia wpływu powyższych trudności na jakość prac inspekcyjno-eksploatacyjnych stworzono, w Korea Electric Power Research Institute, robota do czyszczenia izolatorów na sucho. Czyszczenie odbywa się przy wykorzystaniu dwuobrotowych szczotek, napędzanych przez silnik prądu stałego, zamocowanych na dwóch mechanizmach obrotowych z prowadnicami. Ponadto robot (rys. 11) został podzielony na konstrukcję zewnętrzną i wewnętrzną, z których każda posiada 2 zaciski współpracujące z tożyskami. Wewnętrzna konstrukcja wyposażona jest w prowadnice, tożyska, zaciski, listwę poślizgową oraz blokady przeciwpoślizgowe.



Rys. 11. Robot INCREO do czyszczenia izolatorów na sucho [9]

Podczas testów przeprowadzonych na wyłączonej linii, polegających na czyszczeniu dwurzędowego łańcucha izolatorów składającego się z 36 izolatorów o największym poziomie zanieczyszczenia, robot usunął wszystkie zanieczyszczenia w czasie 12 minut.

Bardzo ciekawym udoskonaleniem omawianego robota jest wbudowanie dwóch dodatkowych urządzeń pozwalających na wykonywanie zadań inspekcyjnych, tj. pomiaru rezystancji izolatorów oraz lokalizacji pęknięć.

Urządzeniami pozwalającymi na realizację wymienionych zadań są tester rezystancji oraz lokalizator pęknięć. Tester rezystancji (rys. 12) został przetestowany na poligonie doświadczalnym w miejscowości Gochang na linii 345 kV.



Rys. 12. Tester rezystancji podczas testów [10]

Śmigłowce bezzałogowe do inspekcji linii, zapór wodnych oraz innych obiektów energetycznych

Wysoka jakość oględzin i badań inspekcyjnych prowadzonych z powietrza przy wykorzystaniu śmigłowców załogowych w zderzeniu z ich znaczącymi kosztami przez wiele lat ograniczała ich zastosowanie na szerszą skalę. Postęp technologiczny ostatnich lat oraz miniaturyzacja urządzeń pokazują, że możliwe jest utrzymanie wysokiej jakości wykonywanych zadań przy jednoczesnym obniżeniu kosztów zastosowania śmigłowców załogowych.

Tabela 2

Dane techniczne śmigłowca [12]

Wielkość	Wartość
Waga przy pełnym wyposażeniu, kg	48
Średnica wirnika, m	2,5
Rodzaj silnika, cm ³	125
Moc, KM	12
Czas lotu, s	3 600
Maksymalna wysokość, m	150
Maksymalny zasięg, m	2000–3000
Maksymalna prędkość	połowa prędkości śmigłowca załogowego

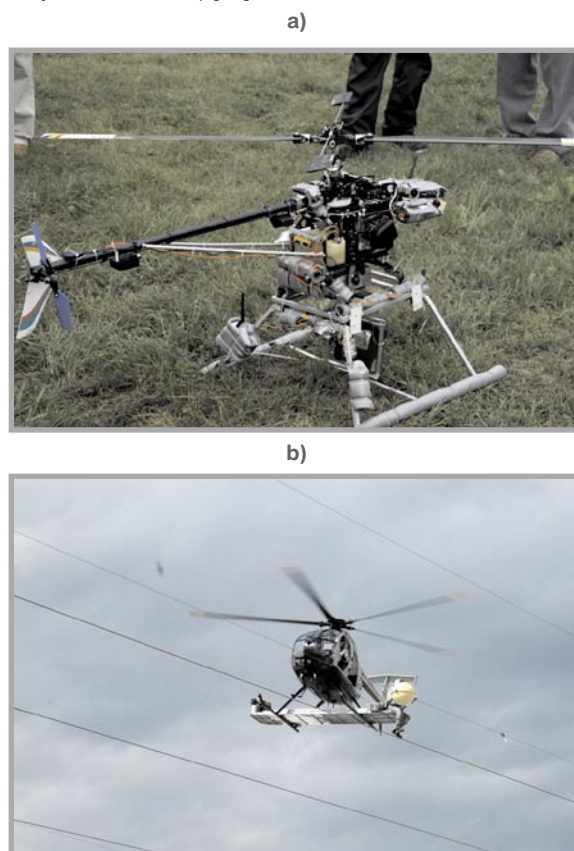
Rozwiązaniem są śmigłowce bezzałogowe zdalnie sterowane z ziemi, przeznaczone m.in. do identyfikacji pęknięć w przewodach linii oraz określania odległości drzew od przewodów. Przykładem może być bezzałogowy śmigłowiec przedstawiony w *Energetyce* 2007, nr 10 [3], którego najważniejsze dane techniczne przedstawiono w tabeli 2 [12].

Jedną z głównych zalet, poza niewielkimi rozmiarami śmigłowca, są koszty zastosowania, które wynoszą w przybliżeniu połowę kosztów wykorzystania do inspekcji linii śmigłowca załogowego.

W tabeli 3 [12] przedstawiono porównanie kosztów obu rodzajów śmigłowców.

Przedstawicielem polskiej myśli inżynierskiej w zakresie wspomagania inspekcji linii elektroenergetycznych jest minirobot SST Eagle (rys. 13a), który powstał w Katedrze Systemów Decyzyjnych Wydziału Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Nawigacja robota oparta jest na systemie GPS, może pracować w trybie autonomicznym lub jako sterowany w czasie rzeczywistym poprzez komendy wprowadzane przez stację bazową przy pomocy joysticka [13].

Minirobot pozwala na przeprowadzenie inspekcji o maksymalnym czasie trwania 50 minut i maksymalnym zasięgu 5 km. Maksymalny ciężar ładunku, który może zabrać ze sobą śmigłowiec to 4 kg, a w skład ładunku mogą wchodzić urządzenia do rejestracji obrazu (kamera video, kamera termowizyjna, aparat cyfrowy lub termometr) [13].



Rys. 13. Polski śmigłowiec bezzałogowy do inspekcji linii
 a) śmigłowiec bezzałogowy podczas pokazów na konferencji PPN w Gdańsku w 2007 r. (B. Dudek) [3]
 b) śmigłowiec załogowy w czasie wymiany kuli ostrzegawczej (B. Dudek)

Tabela 3

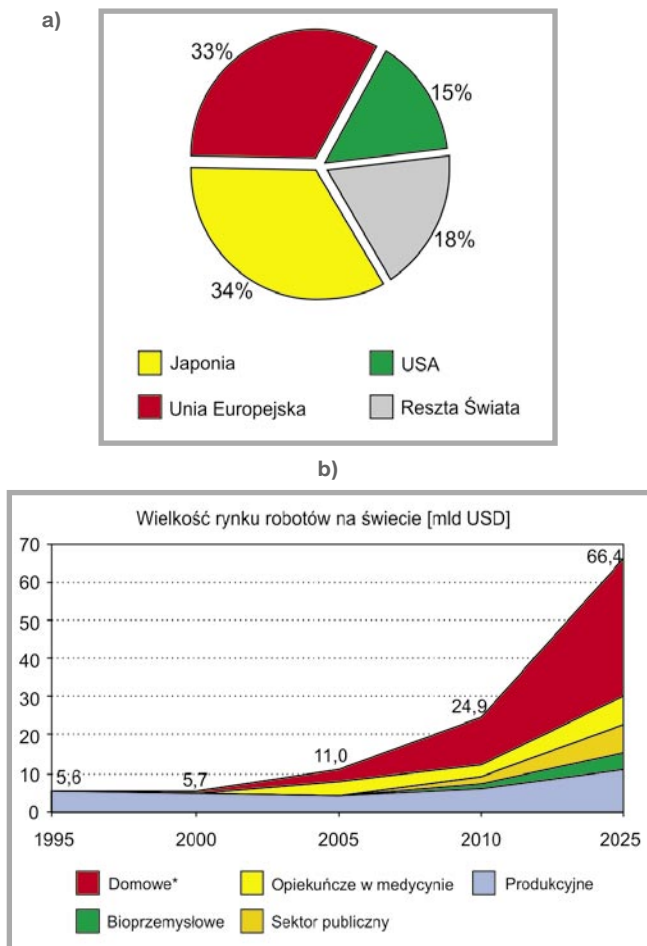
Porównanie kosztów śmigłowca załogowego ze śmigłowcem bezzałogowym [12]

Wielkość	Śmigłowiec załogowy	Śmigłowiec bezzałogowy
Czas inspekcji	1	2 (na podstawie prędkości lotu)
Koszt załogi	4 osoby (pilot, mechanik, koordynator, inspektor)	2 osoby (operator, mechanik)
Koszt paliwa	1 (paliwo lotnicze)	1 (benzyna)
Zużycie paliwa, l/h	110 (mały śmigłowiec)	10
Pozostałe wydatki	– koszty utrzymania – (przed i po locie oraz przeglądy obowiązkowe), – koszty wynajmu powierzchni biura i hangaru, – koszty wynagrodzenia, – koszty ubezpieczenia, – koszty podatkowe, – opłaty lotniskowe, – koszty amortyzacji, – ogólne koszty obsługi.	– koszty przeglądów, wymiany części, – koszty transportu na miejsce oględzin, – koszty podatkowe, – koszty amortyzacji (ok. 1/20 kosztów amortyzacji śmigłowca załogowego).

Wydaje się, że kolejnym wartym rozważenia zastosowaniem bezzałogowych śmigłowców może być ich wykorzystanie do monitorowania obiektów energetycznych, w tym składów węgla w celu zdobycia informacji (zdjęcia, nagrania video) o zaistniałym samozapłonie lub umyślnym podpaleniu.

Podsumowanie

Rozwój robotów w Unii Europejskiej (UE) i jej znaczący udział w światowym rynku robotów wskazuje, że po naukę i ciekawe rozwiązania nie trzeba wybierać się poza granice Starego Kontynentu. Według szacunków EUROP (European Robotics Platform) udział UE w światowej produkcji robotów wynosi 33% wobec 34% Japonii oraz 15% USA (reszta udziałów należy do pozostałych krajów – rys. 14 a). Jak przewidują eksperci na czele z Billem Gatesem najbliższe lata w dziedzinie robotyki będą się charakteryzować podobną dynamiką rozwoju jak ostatnie ćwierć wieku w dziedzinie komputerów.



Rys. 14. Prognoza udziału robotów przemysłowych oraz rynek robotów różnego przeznaczenia na świecie
 a) prognoza udziału robotów przemysłowych w świecie, % [29],
 b) prognoza wielkości rynku robotów różnego przeznaczenia do roku 2025 [29]

(*nie uwzględnia elektronicznych zabawek niskiego poziomu)

Wartość rynku robotów stosowanych w przemyśle na świecie w roku 2008 jest szacowana na ok. 6 mld USD (dla roku 2025 szacunki mówią o wartości 10 mld USD).

Dla porównania, wartość rynku robotów wszelkiego przeznaczenia stosowanych obecnie jest wyceniany na 2008 r. na ok. 20 mld USD, natomiast dla roku 2025 szacowane jest zwiększenie jego wartości do ok. 66 mld USD (rys. 14 b).

W niniejszym artykule dokonano przeglądu zastosowań robotów i zrobotyzowanych urządzeń pracujących w różnych gałęziach energetyki na świecie. Roboty wyręczają człowieka w najtrudniejszych i najbardziej niebezpiecznych zadaniach oraz pozwalają na wykonywanie zadań bez wyłączenia obiektów i linii elektroenergetycznych, co charakteryzuje się znacznymi kosztami zarówno po stronie dostawców jak i odbiorców. Ponadto zastosowanie robotów w różnych gałęziach energetyki pozwala na ułatwienie dostępu do urządzeń elektroenergetycznych niezależnie od warunków atmosferycznych. Znaczące oszczędności wynikające z zastosowania robotów w elektroenergetyce przedstawiono w pracach [2, 14].

Analizy efektywności ekonomicznej zawarte we wspomnianych pracach pozwalają spojrzeć nieco optymistycznie na możliwości zastosowania robotów w polskiej energetyce w niedalekiej przyszłości.

Propozycje zastosowań robotów w energetyce i elektroenergetyce omówione w niniejszej pracy, a w szczególności zaprezentowane na konferencjach ICOLIM w latach 2004 [6] i 2006 [15] sprawiły, że należy się spodziewać kolejnych ciekawych rozwiązań i zastosowań, które zostaną przedstawione na konferencji ICOLIM w 2008 roku w Toruniu.

Do najciekawszych robotów, które najłatwiej można wprowadzić do zastosowań w polskiej elektroenergetyce przesyłowej i dystrybucyjnej należą roboty do inspekcji na stacjach o czym pisano już w [16, 17], a także roboty przeznaczone do inspekcji linii elektroenergetycznych, których zastosowania opisano w [3, 8, 11].

Do chlubnych wyjątków tworzenia nowoczesnych robotów gotowych do pracy w szeroko rozumianej energetyce należy zaliczyć urządzenia Spider Robot oraz SST Eagle, a także robota szkoleniowego Hektor zbudowanego we współpracy koncernu Vattenfall z Wydziałem Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Jednym z ciekawych zastosowań sztucznej inteligencji jest przykład zastosowania regulatora wykorzystującego sztuczne sieci neuronowe optymalizującego spalanie węgla w *Elektrowni Dolna Odra SA*. [18]. Wymienione przykłady cieszą i pozwalają mieć nadzieję, że odpowiedź na pytanie zadane w tytule niniejszej pracy będzie brzmieć „Szansa!”

Sprawą otwartą pozostaje zaangażowanie się polskiej energetyki w dziedzinie robotyzacji zadań i procesów oraz sztucznej inteligencji, gdyż pierwsze doświadczenia są pozytywne. Zakładana budowa pierwszej w Polsce elektrowni atomowej powinna wykorzystać osiągnięcia robotyki światowej.

LITERATURA

- [1] Dudek B.: Robotyzacja w technice prac pod napięciem. *Akademia Energetyki*. Sesja 2. *Energetyka* 2005, nr 2, s. 89-104
- [2] Dudek B., Czapał R.: Możliwości robotyki i sztucznej inteligencji w elektroenergetyce. *Energetyka* 10/2006, s. 731-738
- [3] Cader S., Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Zastosowanie robotyzacji i technik sztucznej inteligencji w eksploatacji sieci elektroenergetycznej pod napięciem. *Akademia Energetyki Sesja 7 Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych (Wykład osiemnasty)* *Energetyka* 2007, nr 10, s. 158
- [4] Maruyama, Y.: Robotics Applications for Hot-Line Maintenance, Robotics for Use in the Electricity Industry, EA Technology, February 1997
- [5] Menzel P., D'Aluisio F.: Robosapiens. Wydawnictwo G + J Gruner + Jahr Polska Sp. z o.o. & Co. Spółka Komandytowa, Warszawa 2002 Focus, s. 138-141
- [6] Montambault S., Pouliot N.: On the economic and strategic impact of robotics applied to transmission line maintenance. Konferencja ICOLIM 2004, s. 1-8
- [7] Montambault S., Pouliot N.: LineScout Technology: Development of an Inspection Robot Capable of Clearing Obstacles While Operating on a Live Line. Konferencja ESMO 2006, s. 1-9
- [8] Dudek B., Czapał R.: Postęp w dziedzinie robotyzacji i technik sztucznej inteligencji w pracach sieciowych, zwłaszcza pod napięciem. Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach nn, SN i WN w Polsce i na Świecie”, Gdańsk 2007, s. 17-30
- [9] Park Joon-Young, Cho Byung-Hak, Byun Seung-Hyun: Development of Automatic Cleaning Robot for Live-line Insulators. Konferencja ESMO 2006, s. 1-7
- [10] Cho Byung-Hak, Byun Seung-Hyun, Park Joon-Young, Kim Jin-Seok: Development of Automatic Inspection Robot for Live-line Insulators. Konferencja ESMO 2006, s. 1-5
- [11] Dudek B., Czapał R.: Postęp w dziedzinie robotyzacji i technik sztucznej inteligencji w pracach pod napięciem. XI Sympozjum „Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokiego napięcia”, Krynica 2007, s. 66-69
- [12] Shimo Y.: Development of Power Transmission Line Inspection System by Unmanned Helicopter, ref. B2/D2-106, Konferencja CIGRE 2006, s. 1-8
- [13] Werner Ł., Kowalczyk Z.: Możliwości zastosowania bezzałogowych pojazdów latających do inspekcji linii wysokiego napięcia, Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach nn, SN i WN w Polsce i na świecie”, Gdańsk 2007, s. 47-48
- [14] Dudek B.: Robotyka – perspektywy rozwoju w technice prac pod napięciem, VIII Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach NN, SN, i WN w Polsce i na świecie”, Kraków 2004, s. 97-107
- [15] Arata C. H.: Prototype for works in TS 132-66-33 kV, VIII Konferencja ICOLIM 2006
- [16] Dudek B.: Robotyzacja wkracza do polskiej energetyki. *Biuletyn Miesięczny PSE SA* 2006, nr 4, s. 15-22
- [17] Dudek B.: Robotyzacja w dziedzinie diagnostyki i eksploatacji elektroenergetycznych układów izolacyjnych. X Sympozjum „Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokiego napięcia”, Krynica 2005, s. 73-77
- [18] Czapał R., Dudek B.: W zrobotyzowanym Luvrze sztuczna inteligencja jest Mona Liza. *Biuletyn Miesięczny PSE SA* 2006, nr 7-8, s. 37-42
- [19] <http://www.redzone.com/> Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [20] Watzman A., PIONEER Robot Is Dedicated At Chernobyl Sarcophagus. <http://news.cs.cmu.edu/Releases/demo/29.html>. Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [21] Project Pioneer, <http://www.frc.ri.cmu.edu/projects/pioneer>. Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [22] Hoversten P., Robot to map in Chernobyl plant. http://grok.ecn.uiowa.edu/PR/chernobyl/4_23_98USAtoday.html. Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [23] Xinhua, China develops underwater robot for nuclear reactors. http://english.people.com.cn/200602/02/eng20060202_239815.html. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [24] Xinhua, China's first salvaging robot for nuclear power plants. <http://english.cas.cn/eng2003/news/detailnewsb.asp?infono=25875>. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [25] MÉTAR bracelet – Speedy and safe inspections. <http://www.hydroquebec.com/technology/ireq/index.html#>. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [26] Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów. <http://www.piap.pl/>. Pobrano: 21 stycznia 2008
- [27] Innovation in the field of power generation. <http://www.hydroquebec.com/technology/index.html>. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [28] Hydro-Quebec Remotely Operated Vehicle System (ROV3). http://www.hydroquebec.com/learning/production/amenagements/ouvrages_retenue.htm/ Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [29] European Robotics Platform. <http://www.robotics-platform.eu.com/pl/> Pobrano: 21 stycznia 2008



Bogumił Dudek, Rafał Czapał

EPC S.A.

A Big Intelligent Job – a Discouragingly Difficult Challenge or a Chance for the Polish Power Industry?

„Every sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic
 – Sir Arthur C. Clarke in the “Technology and the Future”

The „robot” word evolves from the Czech word “robota” which means heavy, hard work, drudgery, service, slavery and it displaced the very earlier, in the 20s of XX century, used word automaton and android (a mechanical apparatus shaped in a human form). The word was primarily used by Karel Čapek in 1920 in the play “R.U.R.” (Rosumovi Umělí Roboti – Rossum’s

Universal Robots), which premiere took place in Prague in 1921. The word Rossum is an allusion to the Czech word rosum which means brain, mind, wisdom, intellect. A dark vision of robots’ rebellion used for human’s replacement in strenuous tasks was then the new version of the Golem myth (a being created from clay for safeguarding humans in Jewish culture).

The propagation of the word robot was initiated with the Isaac Assimov's story "Liar" from 1941. The robotics development as the field connecting together automatics, mechanics, cybernetics, informatics and electronics, started 40 years after the Karl Čapek's play premiere and 20 years after Isaac Assimov's story issue, in 1961, when General Motors company implemented the very first manipulator in its production line. Counting from that moment, for almost half of the century robots are acknowledged in various areas of human activity. The largest number of implementations refers engineering ones in industry and in specialized branches of economy, where difficult environment conditions make it unable to run different tasks.

Poland as a European Union (EU) member is obliged to implement EU's directives and other legal regulations in a range of internal and external electricity markets. This obligation increasingly challenges the Polish power sector in the scope of ensuring the National Power System (NPS) in the scope of reliability (system protection and restitution) and adequacy (generation and transmission).

The above mentioned are provided by implementing and usage of suitable settlements in legislation and particular regulations e.g. Instruction of Operation and Exploitation of Transmission System and Instructions of Operation and Exploitation of Distribution System. Ensuring the NPS running reliability is a challenging task for the professionals from many areas i.e. generation, transmission, distribution, maintenance cooperating with science centers and creators of the Polish electricity market.

A domain that meets the requirements of growing electricity market demands and power network's exploitation are the live working maintenance. It is a field of activity where the complex knowledge and modern technologies find mutual goal which is providing undisturbed electricity provisions to the most important element of the power industry i.e. Customer !!!.

Among the modern technologies are e.g. robots and robotized tools, that for many years are successful in many power industry sectors in countries all over the world. An introduction to robotics for power sector took place in periodic *Energetyka* 2/2005 [1]. The continuation of this topic, including intelligent robots and its potential implementations for power engineering was presented in *Energetyka* 10/2006 [2]. The review of practical robot implementation was presented in *Energetyka* 10/2007 [3].

Historically the first robotic solution was implemented in nuclear sector in USA in the Three Mile Island power plant for breakdown outcome elimination. The successful results cleared the way for power engineering – firstly for transmission than for distribution networks courageous implementations.

Robot applications in power industry and power engineering throughout the world follow the need for using of more efficient and more safe working methods, gaining the competitive advantage and collecting the additional incomes for development. The

latter are collected by lowering frequency and time of electricity supplies interruptions for customers and for necessary visual inspections. Among the key-factors of the European electricity market are Cross-Border Connections and especially their uninterrupted operation which is a strategic goal both for technical and economical considerations.

Other factor emphasizes the need of robots implementations in exploitation and maintenance tasks is increasing access to strategic venues i.e. power lines crossings, mountain areas, power lines river, tanks and agricultural fields crossings.

An additional advantage of robots usage is the meaningful safety conditions improvement for the human teams which results in decrease of electric shocks [4].

Every state-of-art technology arouses admiration on one hand, and fears on the other. In professional activity the latter ones prevail the former ones because introducing the new techniques and technologies demand a lot of effort, and sometimes require reorganization of the present activity.

In polish energy sector live working maintenance clears its way for over 35 years, helicopter services for at least 15 years, therefore the robotization of actions and tasks itself and artificial intelligence methods will take time.

Implementations of robotics techniques in live working maintenance last for over 20 years, and still are not inexpensive solutions and not for general professional usage. Nevertheless in coming years the situation may change. Therefore observation of new solutions and implementations, and also offering our own ones, for development and information purposes require presentation their presentation. An example of yield information transfer in power engineering are conferences – ICOLIM in Europe and ESMO in USA. These technologies are not to be neglected in modern consulting services.

Using the colloquial language it can be stated that in Poland we are still one step from a big job to meet the growing demands of the national and European electricity market, and among the tools making it easy to do are intelligent robots.

The Polish energy sector can't present the worldwide known implementations, therefore it is worthy observing the world-famous solutions in nuclear power plants and in transmission lines, in order to make it easier to accept the fact that the robots are the future not only for power industry but also for other engineering specialties.

Robots in Nuclear Power Plants

The usage of robots in clearing tasks in big nuclear power plants i.e. in Three Mile Island and in Chernobyl made it crucial in reducing the potential consequences of human activities in contaminated area and made it faster in breakdown outcome elimination. The robots used in years after these two tragic breakdowns confirmed the efficiency and usability, that gave signal for increase of intellectual and financial expenditures for robotics development for nuclear power plants purposes.

¹⁾ An archetype this robot was *Rosie* of the 60's cartoon series *The Jetsons* of Hanna-Barbera Productions

The Three Mile Island Nuclear Power Plant (USA)

The very first robot that was used for breakdown outcome elimination was the robot named Rosie¹⁾. It's firstly used 3 models helped people in clearing tasks in the Three Mile Island nuclear power plant near Harrisburg, Pennsylvania, 1980. William L. Whittaker was the inventor of Rosie, and than, the Director of Carnegie Hall's University, Pittsburgh, Field Robotics Center, and at the same time the Chief Scientist of RedZone Robotics robotic company.

Remotely controlled Rosie (Fig. 1), assigned for operations in radioactive environments, apart from the ability to move on concrete surfaces, is also capable of drilling core samples, by using hammer drill. The robot is also able to remove heavy installation parts and show the view of the contaminated venue using several video cameras mounted along the lift crane [5]. The robot is made of steel and aluminum, and allows to work at height range from 2.1 to 8.2 meters. Moreover using many sensors (temperature, pressure, hydraulic fluid) and having hydraulic propulsion make it easy to work in hostile environments.

Currently the Rosie robots work in nuclear power plant in Argonne and Oak Ridge

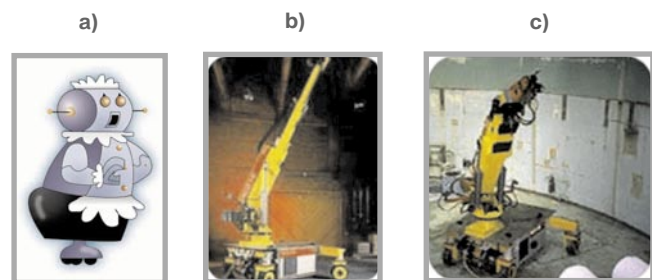


Fig. 1. Rosie robot deployed for breakdown outcome elimination in Three Mile Island nuclear power plant [19]
 a) care robot Rosie from the Jetsons
 b) Rosie robot during altitude task
 c) Rosie robot during inspection task

Chernobyl Nuclear Power Plant (Ukraine)

The Chernobyl nuclear power plant breakdown, where contamination level was much higher than in Three Mile Island, other of many W.L. Whittaker's robots was employed. It was one of the caterpillar-type robots named Pioneer and its assignment was to run survey tasks and to evaluate the conditions in nuclear reactor [20].

Pioneer robot operated by 2-men crew is capable of bulldozing bricks, climbing on barriers and picking up different objects. The robot was financed by NASA jointly with US Department of Energy, and started proceeding its tasks in the vicinity of the inactive sarcophagus in May 27th 1999 (Fig. 2) [21].

The robot is equipped with a manipulator of 6 degrees of freedom which allows to arrange sensors on site of inspection, to create photorealistic objects of the building interiors in 3D.

The robot is also equipped in material probing device, radiation sensors set and environment sensors (temperature and humidity). One of the big advantages of Pioneer is a design that allows to spend up to 41 days in polluted environment and to withstand 200,000 times dose of radiation for a human approved by US Government [22].



Fig. 2. Pioneer robot used for breakdown outcome elimination in Chernobyl nuclear power plant [21]

Current robots' development directions in Nuclear Power Plants

In the recent years in China and Canada inspection-type robots for nuclear power plants were mainly designed. Chinese scientists designed a robot able to perform underwater tasks in the vicinity of feeder tubes, whereas the Canadian scientists concentrated on designing robots able to carry out inspection tasks on fuel bars e.g. thickness, micro damages, cracks in welded areas. The both examples show successful cooperation of scientific centers, power industry companies and Governments.

A robot for underwater tasks in the vicinity of feeder tubes (China)

In February of 2006 after 4 years of R/D work, Chinese scientists finished the project of building the China's first robot to perform tasks in the vicinity of feeder tubes of nuclear reactors. The robot was developed in the Institute of Optics and Electronics of the Chinese Science Academy, Chengdu, started its work in 2006. Tests were led in Daya Bay nuclear power station in the southern province Guangdong. The main task of robot is underwater control of feeder tubes, moreover the robot is prepared to output objects from fuel. The robot can raise screwdrivers, spanners, bolts, screws and also shattered glass of total weigh equal to 1 kg. The maximum slope is equal to 30 degrees and robot can drive with the speed of 0.9 meter per minute [23].

The robot is equipped in TV camera control system liable of inclining and turning, data compression and storage system,

mechanics grippers, cleaner, vacuum pump and remote control system. The gripper is adapted to pick up a screwdriver or a spanner. The cleaner can pick up smaller objects e.g. bolts. The vacuum pump is designed to gather sediments such as shattered glass or residues of paint. The maximum weight that robot can collect during one task is equal to 1 kilogram [24].

The Chinese robot costs 8 times less and is much smaller than its counterparts in the world. Chinese experts say that the robot is a great object for the future implementation of artificial intelligence methods.



Fig. 3. Chinese robot designed for underwater tasks in the vicinity of feeder tubes of nuclear reactors [24]

MÉTAR bracelet (Canada) [25]

The MÉTAR bracelet was invented in the Institut de Recherche d'Hydro-Québec that is owned by the Canadian Hydro-Québec company. The design evolved from the need for investigations of inspection studies in Canadian Gentilly-2 nuclear power plant.

The feeder tube walls are subject to erosion and corrosion and thin out, which is why it is important to perform measurements to determine their condition. The MÉTAR bracelet quickly proved its worthy for feeder tube walls thickness measurements, and such bracelets are used currently in several nuclear power plants around the world.

The bracelet is manufactured in two types – in generic and motorized versions.

Generic MÉTAR bracelet (Fig. 4):

The MÉTAR bracelet is equipped with a flexible collar mounted on a rigid frame capable of maintaining a series of 14 ultrasound probes perpendicular to the surface of the feeder elbows being inspected.

The measurements in generic version are run by moving the MÉTAR bracelet over the feeder tubes manually.

The technology uses a PC and modern data acquisition system developed by R/D team which is used to analyze and process the data in real time. The data acquisition system allows to carry out comparative measures in order to better monitor the condition of the feeder tubes and thus determine their lifespan.

Among many advantages of the generic version of the MÉTAR bracelet, the most important are: operation in polluted

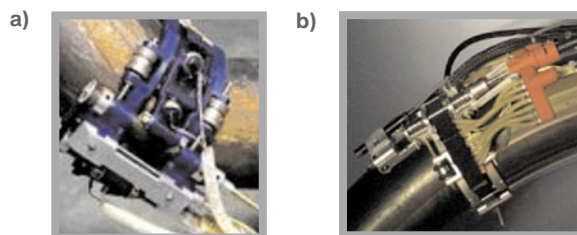


Fig. 4. MÉTAR bracelet during measurements on feeder tube

- a) MÉTAR bracelet in 2007 [26]
 b) MÉTAR bracelet in 2004 [6]

and inaccessible environments, operation easiness, minimal training time, reliable and highly accurate measurements, and reduced times of inspections.

Thanks to the mentioned above, exposure to radiation for workers was reduced under 10 minutes, the quality and accuracy of collected data was improved, therefore a nuclear power plant operation and schedule planning of repair or rehabilitation work was optimized.

Motorized MÉTAR bracelet [25]:

One of generic version constraints was limitation of inspection time, and led to invention of motorized version named Crawler, that was patented and started its time on the market since July 2003. The Crawler, in comparison with generic version, can be operated with one hand, is equipped with a drive camera and lighting system, smaller dimensions improving mobility and compatibility with generic version. Remote controller allows to carry out inspection up to 6 meters. Both versions of the MÉTAR bracelet are accommodated to run inspection tasks on 2" and 2.5" feeder tubes and provide measurement accuracy of 0.022 do +0.039 millimeters.

Other devices originating from the MÉTAR bracelet [25]:

Advanced work on the MÉTAR bracelet led to the development of other inspection devices including the Cracking Crawler, a bracelet for detecting cracks, and the Orbital bracelet.

The Cracking Crawler is a the result of R/D work and used to detect micro cracks created by feeder tube aging.

The robot was used for the first time in June 2003 at Gentilly-2 generating station, then for a full campaign during the plant's scheduled shutdown the following fall. starting in the spring of 2004 the robot is used at several other CANDU power plants in Canada and elsewhere.

The Orbital bracelet robot is able to detect cracks in field welds which may not have been detected when the reactor was commissioned. The Orbital bracelet was developed in the summer of 2003, the device has been in widespread use since September of the same year.

The two technologies have attracted considerable interest on the part of the CANDU Owners Group, which has already indicated that it would like to become actively and financially involved in the development of new byproducts of the technologies and promote their use in CANDU power plants.

Robots in Conventional Power Plants

Failures of coal boilers are responsible for the most frequent forced generators shutdowns (i.e. coal, oil and gas boilers). The Electric Power Research Institute (EPRI) estimates that annual costs of shut down boilers are worth approximately 1 billion USD. In order to reduce these costs EPRI developed the robot, that was presented in *Energetyka* 10/2006 [2], orientated to fulfill diagnostic-repairing tasks especially considering location defects of boiler tubes. Usage of that sort of robots in American power plants allows to shorten the time needed for executing such tasks up to several hours.

Also in Poland enormously complicated problem of boilers diagnostic is one of interest of the Polish science centers, that see bravely into the future and feel the need of introducing modern robotized solutions to the Polish power industry. An innovative project, on the European scale, is a purposeful design of the mobile robot named Spider, which task is to carry out test of high power boilers depreciation status. The design was a cooperation among Industrial Research Institute for Automation and Measurements (PIAP), with help of the Ministry of Science and Higher Education and of industry partner from Gliwice – Energotechnika – Energozruch S.A.

Preparation of the mobile diagnostic robot in PIAP for usage in power industry (moving in a specific way on vertical walls of furnace – not on wheels nor on caterpillars). The main purpose of the Spider robot is, not only observation but also carrying out measurements, which arouse interest in this sort of robots – especially in industry branches using large scale constructions.

Boiler diagnostics belong to the most complicated tasks and are mirrored e.g. by: dimensions of c.a. 50 meters (Fig. 5 a), operating temperatures in furnaces of 850°C up to 1 500°C and also pressure of 200 bars in water-steam installations of boilers.

The Spider's operating area is marked on Fig. 5 a) with green color. In the future, miniature robot will be able to carry out tasks in the boiler upper zone (red color on Fig. 5 a) where it can encounter big concentration of tubes sets and of other objects.

The main task of the mobile Spider robot (inserted in the interior of boiler after its switching off and cooling – fig. 5 b), that is a part of a state-of-art technology system, is performing diagnostic tasks connected with corrosion and erosion depreciation of boilers.

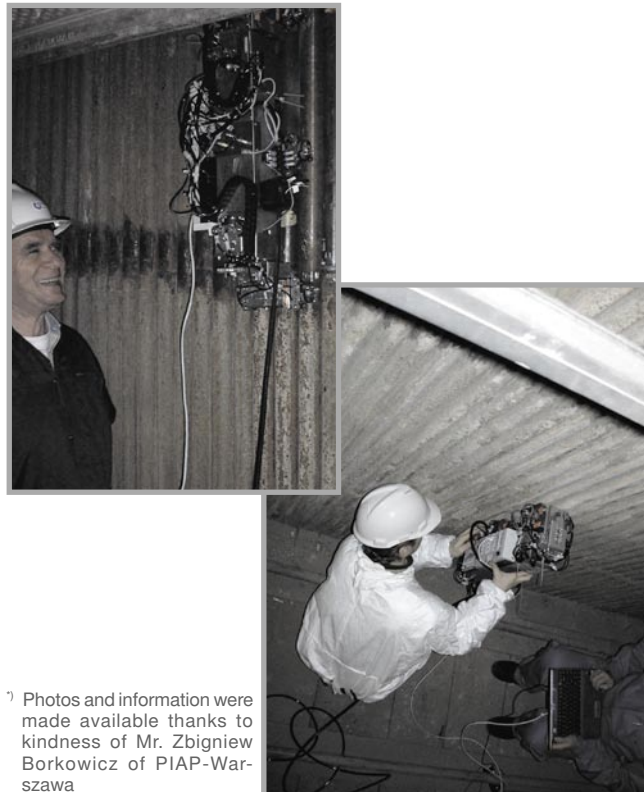
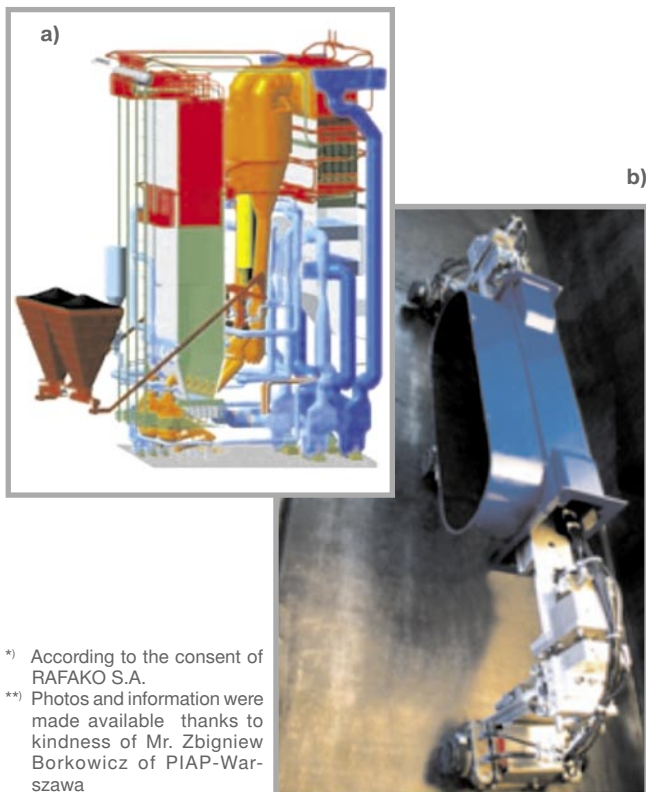


Fig. 5. The RAFAKO boiler and Spider Robot during tests
 a) The OFz450a RAFAKO-type boiler*
 b) Spider Robot on a testing wall**

Fig. 6. The Spider Robot during the tests on-site
 The Spider Robot during object tests*
 Start-up Manager from Energotechnika-Energozruch S.A.
 Gliwice during object tests of the Spider Robot

*) According to the consent of RAFAKO S.A.

**) Photos and information were made available thanks to kindness of Mr. Zbigniew Borkowicz of PIAP-Warszawa

*) Photos and information were made available thanks to kindness of Mr. Zbigniew Borkowicz of PIAP-Warszawa

The diagnostic system consists of three main parts (connected through a fast wireless computer network): mobile robot, expert's and operator's post, who in 3D space efficiently and productive way give operation instructions (Fig. 6 a and b). Diagnostics in test areas is possible by using a robot moving platform that allows transportation of several diagnostic modules. The mobile platform utilizes pneumatic propulsion and is adapted to move in both, horizontal and vertical planes, whereas mounting on steel boiler walls is ensured by applying small magnetic grippers.

The main advantage of Spider Robot is security increase of human teams working in the vicinity of power boilers. Moreover the time indispensable for diagnostics measurements is reduced as well as measurements preparation costs.

The mobile robot was presented on the innovation part of Poznań International Fair and also on International Warsaw Invention Show in May 2007 r., where met increasing interest and obtained acknowledgement by winning the bronze medal [26]. The Spider Robot is currently undergoing the patent confirmation procedure and is being prepared to introduce in many applications in power industry. Moreover intensive operations on advanced (including no-contact) measuring techniques, expanding the range of robot's diagnostics, are being under way.

A Multi-process Robot SCOMPI (Canada) [6, 27]

The SCOMPI robot is assigned for maintenance and repair tasks for turbines. It was developed and improved in the 90s of the last century, and now is the patented technology for commercial usage. Nowadays the SCOMPI robot is utilized in over 20 projects worldwide. Among the main tasks executed by the robot are: hammer peening, plasma gouging and precision grinding (Fig. 7).

Another group of tasks include cavitation damage and cracks, reinforcing runners, reprofiling edges of runner blades, refurbishing headgates. An application of six degrees of freedom makes it possible for the SCOMPI robot to travel on curved tracks which allows it to go to the most difficult-to-reach places.



Fig. 7. Precision grinding performed by SCOMPI

The SCOMPI robot has several advantages, including: increasing generating equipment uptime and lifetime, achieving tasks (e.g., simultaneous welding and hammer peening), obtaining quality that is superior to a manual job, improving health and safety conditions for workers while increasing productivity by 150% to 200%.

Robots in Water-Power Plants [28]

Remotely Controlled Underwater ROV3 Robot in Hydro-Québec (Canada)

The Hydro-Québec company manages the 562 water dams which water tanks can be characterized as the ones of small field of vision and moving debris.

The purpose of ROV3 robot development, by the R/D Institute of the Hydro-Québec in Canada, was maintenance work team security increase.

The robot is prepared to inspect water dams tanks and to diagnose anomalies. The underwater ROV3 robot (fig. 8) is dedicated for water tanks up to 200 meters of depth, which makes it impossible for divers to carry out the proper inspections.

The robot is in usage since the year 2,000 and the commercial production was initiated in the year 2004. The detailed technical data are presented in the table 1.

The ROV3 robot can be remotely controlled using the automatic sequence. The set of the controlling consists of specially designed tractor-trailer combination which is comprises of: crane for lowering the ROV3 into the water, control station, cable reel for the tether, air-conditioning, heating, air suspension.

The ROV3 robot operations are represented in a 3D graphical environment and the robot's position is determined within half meter (0.5 m) using 3 surface transmitters and one on underwater robot.

The data and information gathered by the ROV3 robot can be archived on digital photos, video tapes (task, depth, date and time, measurements in 2D and 3D, date and time). The system allows additionally reports generation.

Among the main advantages of the robot are the operators' security, minimization of inspection time, increasing access to generating facilities, detection of anomalies and their dimensions provision, prevention having to set up cofferdams to perform the work.



Fig. 8. Underwater ROV3 robot [28]

Table 1
 ROV3 underwater robot technical data [28]

Type	Value
Maximal submerge depth, m	270
Length of tether, m	300
Lighting system, V	3,000
Zoom, focus and tilt colour camera	3
Motors, Horse Power	7x1.5
Robotic arm, Degrees of Freedom	3
Multiple-beam sonar, °	120
Simultaneous sonar scanning, °	over 120
Maximal speed, knots	up to 1.6 depending on the load
Surface inspected, m ² /s	up to 0.5 depending on the visibility and type of surface involved
Length, m	1.02
Width, m	0.81
Height, m	1.20
Supply (generator), kVa	30
Range, m	up to 400 depending on the visibility and type of surface involved
Savings from the ROV3 usage, mln USD/year	approximately 1.0

Robots in Transmission Power Lines

An Inspection Robot for Transmission Lines (Canada) [7, 8]

One of the world leaders in robots applications for power transmission lines is the Canadian company Hydro-Québec. Among its many achievements are development and building of robots assigned for clearing obstacles on transmission lines. The mentioned above robots were built in the LineRover technology (the simple construction prototype) and in the LineScout technology (advanced construction).

The Robot constructed in the LineScout technology, described in [3], is prepared to work on live transmission lines, and its main advantages are: clearing obstacles such as e.g. insulator string, vibration dampers, warning spheres and corona rings.

The LineScout robot consists of 3 main frames: Wheel Frame – the dark color, Arm Frame – the bright color, and Center Frame – the white ring that binds the former two in one construction. The procedure of clearing object is done in 6 steps which was presented in the fig. 9. The real robot model while clearing the set of obstacles is presented on Fig. 9.

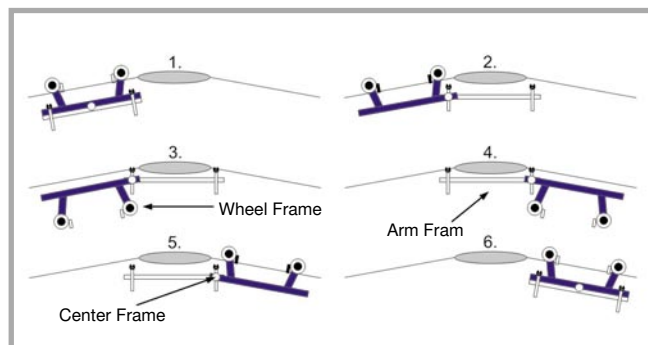


Fig. 9. Clearing obstacle sequence on the transmission line executed by the robot [7]



Rys. 10. The LineScout robot during clearing obstacle on the 315 kV transmission line [7]

Automatic Cleaning Robot for Live-Line Insulators (South Korea) [9-11]

Insulators cleaning using jets of water requires large amounts of water, and its transportation in mountainous terrain is very difficult, especially in South Korea, where most of the country's area is shaped like this. In order to limit the influence of these difficulties on inspection-maintenance tasks, the Korea Electric Power Research Institute developed a robot for dry insulators cleaning. The cleaning is done using 2 rotating brushes propelled by a DC motor, mounted on 2 rotating mechanisms with guides. Moreover, the robot (fig. 11) consists of an outer and inner frames, with two clamps each installed on the moving bodies. The inner frame consists of guides, ball-bearings, clamps, skid bars and skid blocks.

During the tests on switched-off line, while cleaning double tension insulator string consisting of 36 insulators of the highest contamination level, the robot cleaned all the contaminations in twelve minutes.

A very interesting improvement of the robot are two additional testing devices installed in the in it. The devices allow insulators resistance measurement and cracks detection and are named a resistance tester and a cracked insulator locator. The resistance tester (fig. 12) was tried out at the outdoor test facility of Gochang power testing center in Korea on 345 kV transmission line.

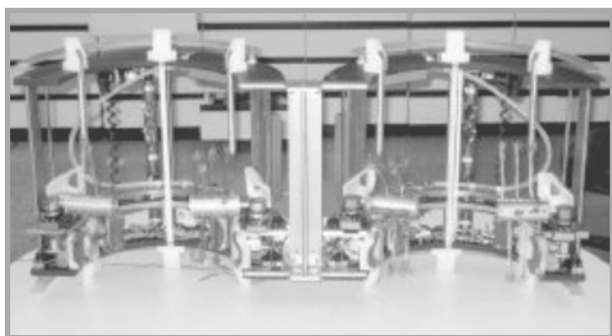


Fig. 11. The INCRO robot for insulators dry cleaning [9]



Fig. 12. Resistance tester during the tests [10]

Unmanned Helicopters for Power Lines, Water Dams and Other Objects Inspections

Visual inspections and surveys high quality provided from the air using unmanned helicopters means meaningful costs which through many years restrained their common usage.

The progress in technology in the last years and also devices miniaturization show that the possibility of achieving

Table 2

The helicopter's technical data [12]

Type	Value
Fully equipped weight, kg	48
Rotor diameter, m	2.5
Engine, ccm	125
Output power, kW	12
Flight duration, s	3.600
Flight altitude, m	150
Maximal range, m	2,000 – 3,000
Maximal velocity	The half of the manned helicopter

high quality together with lower costs of manned helicopters is at hand. The solution for this challenge are unmanned helicopters remotely controlled from the ground, that are destined to e.g. lines cracks identification, trees distance from power lines determination.

The example of this is the unmanned helicopter presented in Energetyka 10/2007 [3]. The most significant technical data are presented in the table 2 [12].

The one of many advantages besides small dimensions, are the usage costs, that are approximately equal to half of the manned helicopters costs. The table 3 [12] shows the comparison of the both helicopters types.

The polish example of the engineering attitude in power lines inspection tasks assistance is the mini-robot SST Eagle (Fig. 13), that was designed and built at the Decision Systems Department of the Electronics, Telecommunications and Informatics Faculty at the Gdańsk University of Technology.

Table 3

Costs comparison of the manned and unmanned helicopters [12]

Type	Manned helicopter	Unmanned helicopter
Inspection time	1	2 (estimated from flight speed)
Personnel cost	4 persons (Pilot, Mechanic, Flight manager, inspector)	2 persons (Operator, Observer-cum-retriever)
Fuel cost	1 (air fuel)	1 (gasoline)
Fuel consumption, l/h	110 (small-sized manned helicopter)	10
Other expenses	<ul style="list-style-type: none"> – maintenance costs – (pre- and post-flight statutory periodic inspection/overhaul), – field expenses, office expenses, hangar maintenance expenses, – flight pay, – aviation insurance, – property tax, – airlift fees, – depreciation costs, – general management expenses. 	<ul style="list-style-type: none"> – inspection/overhaul expenses, parts replacement, etc., – transport expenses, – property tax, – depreciation costs (estimated at around 1/20 that of manned helicopter).

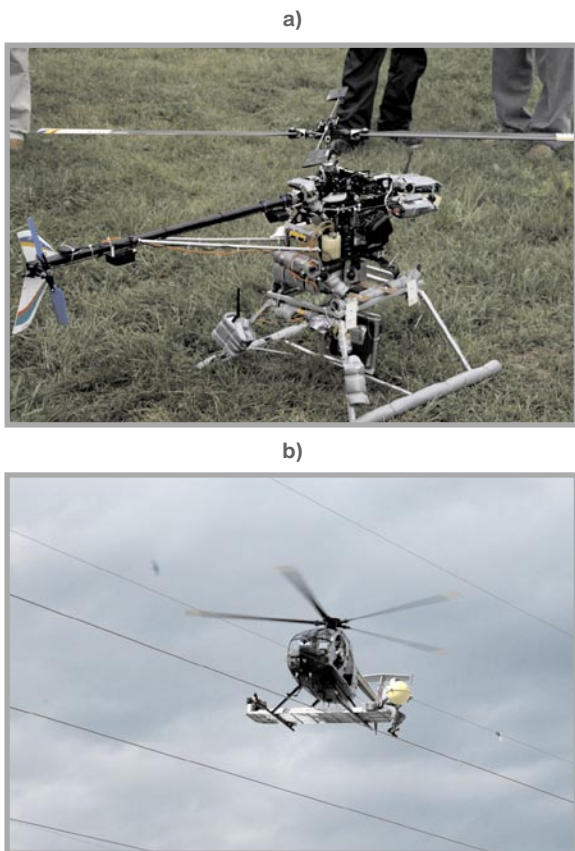


Fig. 13. The Polish unmanned helicopter for power lines inspections

- a) The Polish unmanned helicopter during demonstration and Live Line Maintenance Conference in Gdańsk 2007 r. [3] (the photo by B. Dudek)
 b) Manned helicopter during warning sphere exchange (the photo by B. Dudek)

The robot's navigation system uses GPS technology, and is also capable of performing tasks in fully autonomous mode. The SST Eagle can also be operated in real time using the commands set by a base station with the usage of joystick [13]. The mini-robot allows to run inspections tasks for 50 minutes and at the maximal range of 5 kilometers. The maximum load weight equals to four kilograms, and the load can consist of visual recording devices (video camera, infrared mapping camera, digital camera and thermometer) [13].

It is worth considering using the unmanned helicopters for power facilities monitoring tasks, including coal depots visualizations (photos, video recordings) concerning the possible spontaneous ignition or purpose ignition.

Summary

The robots' development process in the European Union and its significant share in the overall world robots market indicates that the knowledge and interesting projects are not only being run outside Europe. According to the European Robotics Platform

(EUROP) the UE's share in the world robots production equals to 33% towards to Japan's 34% and 15% of the U.S.A. (the residual shares belong to other countries – Fig. 14 a).

The experts predict, primarily with Bill Gates, that the upcoming years in robotics will follow the computers pattern of dynamics from the last 25 years.

The world-wide robotics market in 2008 is estimated 6 billion USD worth (in 2025 the market will be worth approximately 10 billion USD). In comparison, the all kind robots market world-wide in 2008 is worth 20 billion USD, whereas by the year 2025 it might increase up to 66 billion USD (Fig. 14 b).

The review of robots and robotized tools utilized in particular power industries worldwide was presented in the paper. Robots substitute human in the most difficult and the most dangerous tasks, and moreover make it possible to carry out works without the necessity of power facilities and power lines switching-offs, that can be characterize by meaningful costs for suppliers and customers.

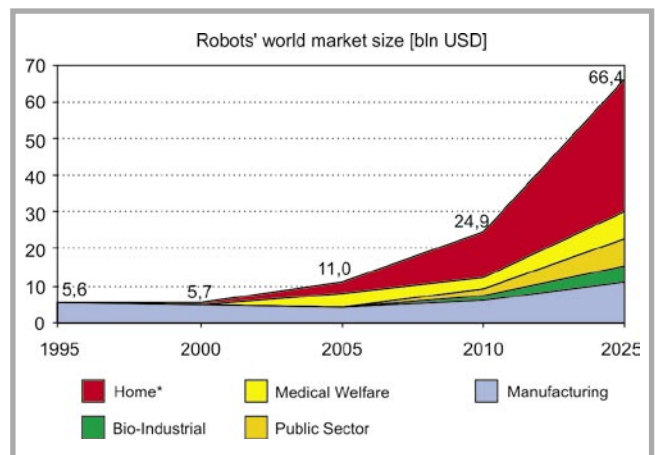
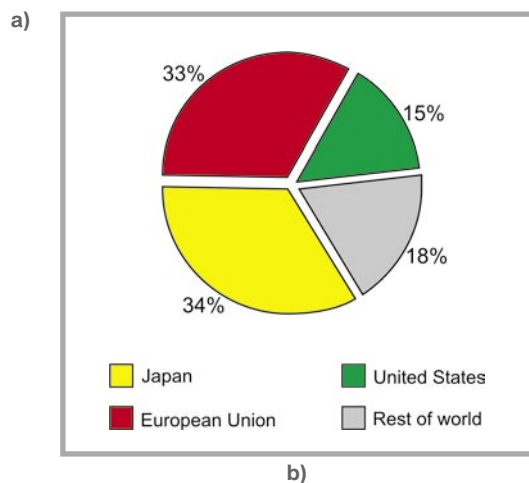


Fig. 14. The forecast of industrial robots operational stock and robots' market size up till 2025 in the world (* Excludes Low Level Electronic Toys)

- a) Forecast of estimated shares of industrial robots in 2007 worldwide [29]
 b) Forecast of the particular robots types market size up to the year 2025 [29]

Moreover the robots applications in various power industry branches lets facilitate the access to power devices independently from weather conditions. The meaningful savings evolving from robots applications in power engineering were presented in papers [2, 14]. The economical effectiveness analyses presented in mentioned papers make it possible to look more optimistic in the nearest future robots implementations in the Polish power industry. The robots implementation examples in power industry and power engineering presented in the paper, particularly presented at ICOLIM conferences in 2004 [6] and 2006 [15], made it possible to expect interesting projects and application in the up-coming years, starting from the ICOLIM 2008 conference in Toruń.

Among the most interesting robotized solutions, that are easy to implement in the Polish power engineering (both transmission and distribution), are the substation inspection robots presented in [16, 17] and the inspection robots able to clear obstacles while moving on power lines described in [3, 8, 11].

The pride example of state-of-art robots development, ready to fulfill various tasks in power engineering sector are the Spider Robot, the SST Eagle and also the Hexor robot developed and built in cooperation between Vattenfall Company and Electrical Engineering Department of the Silesian Technical University in Gliwice. One of the interesting implementations of artificial intelligence is the neuronal control unit application optimizing coal combustion in Dolna Odra S.A. Power Plant. [18]. The mentioned above gladden examples allow to answer the question from the title of this paper as a "Chance!".

There is only a matter of the Polish power engineering sector participation range in tasks' and processes' robotization and artificial intelligence making usage of the first positive steps. The planes of the first Polish nuclear power plant is ought to make use of the other countries experiences. It was the Pole, the Hebrew from Sieradz, who is probably the inventor of the first android – the artificial hand. It can be helpful and useful in the future.

REFERENCES

- [1] Dudek B: Robotyzacja w technice prac pod napięciem. *Akademia Energetyki*. Sesja 2. *Energetyka* 2005, nr 2, s. 89-104
- [2] Dudek B., Czupaj R.: Możliwości robotyki i sztucznej inteligencji w elektroenergetyce. *Energetyka* 10/2006, s. 731-738
- [3] Cader S, Dudek B., Fober R., Gontarz T., Wiśniewski W.: Zastosowanie robotyzacji i technik sztucznej inteligencji w eksploatacji sieci elektroenergetycznej pod napięciem. *Akademia Energetyki Sesja 7 Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych (Wykład osiemnasty)* *Energetyka* 2007, nr 10, s. 158
- [4] Maruyama, Y.: *Robotics Applications for Hot-Line Maintenance, Robotics for Use in the Electricity Industry*, EA Technology, February 1997
- [5] Menzel P., D'aluio F.: *Robosapiens*. Wydawnictwo G + J Gruner + Jahr Polska Sp. z o.o. & Co. Spółka Komandytowa, Warszawa 2002 Focus, s. 138-141
- [6] Montambault S., Pouliot N.: On the economic and strategic impact of robotics applied to transmission line maintenance. *Konferencja ICOLIM 2004*, s. 1-8

- [7] Montambault S., Pouliot N.: LineScout Technology: Development of an Inspection Robot Capable of Clearing Obstacles While Operating on a Live Line. *Konferencja ESMO 2006*, s. 1-9
- [8] Dudek B., Czupaj R.: Postęp w dziedzinie robotyzacji i technik sztucznej inteligencji w pracach sieciowych, zwłaszcza pod napięciem. *Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach nn, SN i WN w Polsce i na świecie”, Gdańsk 2007*, s. 17-30
- [9] Park Joon-Young, Cho Byung-Hak, Byun Seung-Hyun: Development of Automatic Cleaning Robot for Live-line Insulators. *Konferencja ESMO 2006*, s. 1-7
- [10] Cho Byung-Hak, Byun Seung-Hyun, Park Joon-Young, Kim Jin-Seok: Development of Automatic Inspection Robot for Live-line Insulators. *Konferencja ESMO 2006*, s. 1-5
- [11] Dudek B., Czupaj R.: Postęp w dziedzinie robotyzacji i technik sztucznej inteligencji w pracach pod napięciem. *XI Sympozjum „Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokiego napięcia”, Krynica 2007*, s. 66-69
- [12] Shimo Y.; Development of Power Transmission Line Inspection System by Unmanned Helicopter, ref. B2/D2-106, *Konferencja CIGRE 2006*, s. 1-8
- [13] Werner Ł., Kowalczyk Z.: Możliwości zastosowania bezzałogowych pojazdów latających do inspekcji linii wysokiego napięcia, *Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach nn, SN i WN w Polsce i na świecie”, Gdańsk 2007*, s. 47-48
- [14] Dudek B.: Robotyka – perspektywy rozwoju w technice prac pod napięciem, VIII Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach NN, SN, i WN w Polsce i na świecie”, *Kraków 2004*, s. 97-107
- [15] Arata C. H.: Prototype for works in TS 132-66-33 kV, VIII Konferencja ICOLIM 2006
- [16] Dudek B. : Robotyzacja wkracza do polskiej energetyki. *Biuletyn Miesięczny PSE SA* 2006, nr 4, s. 15-22
- [17] Dudek B.: Robotyzacja w dziedzinie diagnostyki i eksploatacji elektroenergetycznych układów izolacyjnych. *X Sympozjum „Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokiego napięcia”, Krynica 2005*, s. 73-77
- [18] Czupaj R., Dudek B.: W zrobotyzowanym Luwrze sztuczna inteligencja jest Mona Lisą. *Biuletyn Miesięczny PSE SA* 2006, nr 7-8, s. 37-42
- [19] <http://www.redzone.com/> Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [20] Watzman A., PIONEER Robot Is Dedicated At Chernobyl Sarcophagus. <http://news.cs.cmu.edu/Releases/demo/29.html>. Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [21] Project Pioneer, <http://www.frc.ri.cmu.edu/projects/pioneer>. Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [22] Hoversten P., Robot to map in Chernobyl plant. http://grok.ecn.uiowa.edu/PR/chernobyl/4_23_98USAtoday.html. Pobrano: 30 kwietnia 2007
- [23] Xinhua, China develops underwater robot for nuclear reactors. http://english.people.com.cn/200602/02/eng20060202_239815.html. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [24] Xinhua, China's first salvaging robot for nuclear power plants. <http://english.cas.cn/eng2003/news/detailnewsb.asp?infono=25875>. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [25] MÉTAR bracelet – Speedy and safe inspections. <http://www.hydroquebec.com/technology/ireq/index.html#>. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [26] Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów. <http://www.piap.pl/>. Pobrano: 21 stycznia 2008
- [27] Innovation in the field of power generation. <http://www.hydroquebec.com/technology/index.html>. Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [28] Hydro-Quebec Remotly Operated Vehicle System (ROV3). http://www.hydroquebec.com/learning/production/amenagements/ouvrages_retenue.htm/ Pobrano: 6 kwietnia 2007
- [29] European Robotics Platform. <http://www.robotics-platform.eu.com.pl> Pobrano: 21 stycznia 2008

